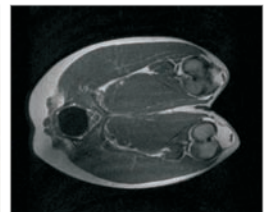
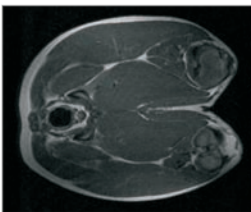


WACHSTUM UND PRODUKTQUALITÄT UNTERSCHIEDLICHER GENOTYPEN FÜR DIE ÖKOLOGISCHE SCHWEINEFLEISCHERZEUGUNG

SIMONE GRUBER



INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Dr. agr.
beim Fachbereich Agrarwissenschaften,
Ökotröphologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2011

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2011

© 2011 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Betreuer: Prof. Dr. H. Brandt

Wachstum und Produktqualität unterschiedlicher Genotypen für die ökologische Schweinefleischerzeugung

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. agr.
beim Fachbereich Agrarwissenschaften,
Ökotrophologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

SIMONE GRUBER

Diplom-Agraringenieurin aus
Meckenheim/Nordrhein Westfalen

Gießen, 2011

**Mit Genehmigung des Fachbereichs Agrarwissenschaften, Ökotropologie und
Umweltmanagement der Justus-Liebig Universität Gießen**

Dekanin: Prof. Dr. Ingrid-Ute Leonhäuser

Prüfungskommission

Vorsitzender: Prof. Dr. Adalbert Evers

1. Gutachter: Prof. Dr. Horst Brandt

2. Gutachter: Prof. Dr. Steffen Hoy

1. Prüfer: Prof. Dr. Klaus Eder

2. Prüfer: Prof. Dr. Hans-Peter Schwarz

Tag der mündlichen Prüfung: 18. April 2011

Diese Untersuchung wurde im Rahmen des Projektes 03 OE 323 "Prüfung von Gewebewachstum, Mast- und Schlachtleistung sowie Produktqualität unterschiedlicher genetischer Herkünfte und deren Eignung für die ökologische Schweinefleischerzeugung" des Bundesprogramms Ökologischer Landbau durchgeführt und finanziert.

Innerer Wert



"Ein kluger Mann verehrt das Schwein;
Er denkt an dessen Zweck.
Von außen ist es ja nicht fein,
Doch drinnen sitzt der Speck."

(Wilhelm Busch, 1832-1908)

(Quelle: <http://www.wilhelm-busch-seiten.de/werke/hernach.html>)

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen	V
Verzeichnis der Tabellen	VIII
Verzeichnis der Abbildungen	XI
Verzeichnis der Anhänge	XII
1 Einleitung	1
2 Literatur	3
2.1 Wachstum	3
2.1.1 Grundlagen und Beschreibung des Wachstums	3
2.1.1.1 Wachstumskurven	7
2.1.2 Exo- und endogene Einflüsse auf das Gewebewachstum	9
2.2 Qualitätskriterien in der Schweinefleischerzeugung	12
2.2.1 Schlachtkörperqualität	12
2.2.1.1 Erfassung der Körperzusammensetzung	13
2.2.2 Fleischqualität	15
2.2.2.1 Definition und Erfassung	15
2.2.2.2 Verbraucheranspruch	16
2.3 Fleischerzeugung im Ökologischen Landbau	17
2.3.1 Grundsätze und gesetzliche Vorgaben	17
2.3.2 Stand der ökologischen Schweineproduktion	18
2.3.3 Einflüsse auf die Mastleistung	20
2.3.3.1 Einfluss der Rasse	20
2.3.3.2 Einfluss des Geschlechts	21
2.3.3.3 Einfluss der Fütterung	21
2.3.4 Einflüsse auf die Schlachtkörperqualität	24
2.3.4.1 Einfluss der Rasse	24
2.3.4.2 Einfluss des Geschlechts	27
2.3.4.3 Einfluss der Fütterung	28
2.3.5 Einflüsse auf die Fleisch- und Fettqualität	30

2.3.5.1	Einfluss der Rasse auf die Tropfsaftverluste.....	30
2.3.5.2	Einfluss des Geschlechts auf die Tropfsaftverluste.....	31
2.3.5.3	Einfluss der Fütterung auf die Tropfsaftverluste.....	32
2.3.5.4	Einfluss der Rasse auf die Fettsäuren.....	33
2.3.5.5	Einfluss der Fütterung auf die Fettsäuren	34
2.3.5.6	Einfluss der Rasse auf die Sensorik	37
2.3.5.7	Einfluss des Geschlechts auf die Sensorik	39
2.3.5.8	Einfluss der Fütterung auf die Sensorik	39
2.3.5.9	Einfluss der Rasse auf die Zartheit.....	41
2.3.5.10	Einfluss des Geschlechts auf die Zartheit	41
2.3.5.11	Einfluss der Fütterung auf die Zartheit	41
2.3.5.12	Einfluss der Rasse auf den intramuskulären Fettgehalt	44
2.3.5.13	Einfluss des Geschlechts auf den intramuskulären Fettgehalt	45
2.3.5.14	Einfluss der Fütterung auf den intramuskulären Fettgehalt	46
3	Material und Methoden	50
3.1	Ziel der Untersuchungen	50
3.2	Versuchsaufbau	50
3.2.1	Tiere	50
3.2.2	Haltung und Fütterung	53
3.2.3	Magnet-Resonanz-Tomographie.....	55
3.2.3.1	Aufbau des Tomographen	55
3.2.3.2	MRT Untersuchungen	56
3.2.4	MRT Messung, Bildaufbau sowie -analyse	56
3.3	Schlachtung	61
3.3.1	Erfasste Merkmale der Mastleistung und der Schlachtkörperqualität	61
3.3.2	Entnommene Proben	66
3.4	Sensorik- und Zähigkeitsuntersuchungen in Kulmbach.....	69
3.5	Statistik.....	71

4	Ergebnisse	76
4.1	Wachstum.....	76
4.1.1	Mastleistung	76
4.1.2	Lebendgewichtsentwicklung.....	83
4.1.3	Muskelwachstum.....	87
4.1.4	Fettwachstum	93
4.1.5	Anteile Muskel und Fett am Lebendgewicht	100
4.2	Produktqualität	103
4.2.1	Schlachtkörperqualität.....	103
4.2.2	Fleisch- und Fettqualität.....	109
4.2.3	Sensorik.....	112
4.2.4	Zartheit nach Wolodkewitsch und Instron	112
5	Diskussion	116
5.1	Besprechung der Versuchsdurchführung	116
5.1.1	Haltung und Fütterung	116
5.1.2	Herkünfte.....	118
5.2	Wachstum.....	119
5.2.1	Wahl des Kurvenmodells	120
5.2.2	Mastleistung	121
5.2.2.1	Einfluss der Herkunft	121
5.2.2.2	Einfluss des Geschlechts	125
5.2.2.3	Einfluss der Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht	126
5.2.3	Optimaler Schlachtzeitpunkt	126
5.3	Produktqualität	127
5.3.1	Schlachtkörperqualität.....	127
5.3.1.1	Einfluss der Herkunft	128
5.3.1.2	Einfluss des Geschlechts	129
5.3.2	Fleisch- und Fettqualität.....	129
5.3.2.1	Einfluss der Herkunft	130
5.3.2.2	Einfluss des Geschlechts	131
5.3.3	Sensorik.....	132

5.3.3.1	Einfluss der Herkunft	132
5.3.3.2	Einfluss des Geschlechts	133
5.3.4	Zartheit (maschinell)	133
5.3.4.1	Einfluss der Herkunft	133
5.3.4.2	Einfluss des Geschlechts	134
6	Schlussfolgerungen.....	135
7	Zusammenfassung.....	138
8	Summary	142
9	Anhang	145
	Danksagung	147
	Erklärung.....	149
	Literaturverzeichnis.....	150

a*	Rotfärbung des Muskels
AS	Angler Sattelschwein
Ausschl.	Ausschlachtung
b*	Gelbfärbung des Muskels
Belg.	Belgische
BHZP	Bundeshybridzuchtprogramm
BfEL	Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel
BME	Butylmethylether
Bn.	Bonner
C	Kohlenstoff Atom
CGM	Capteur Gras-Maigre Gerät
CHCL ₃	Trichlormethan, Chloroform
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
CT	Computertomographie
DG	Durchgang
DL	Deutsche Landrasse
Du	Duroc
FAME	Fettsäuremethylester
FEFLK	Fettfläche am Kotelettanschnitt [cm ²]
Fettans.	Fettansatz [g/Tag]
Fevo	Fettvolumen [dm ³]
FFV	Fleisch zu Fett-Verhältnis
FLFLK	Fleischfläche Kotelett [cm ²]
FM	Frischmasse
FOM	Fat-o-Meater
GC	Gaschromatographie
GF	Grundfutter
GLR	German Landrace
Ha	Hampshire
HCl	Salzsäure
Helligk.	Fleischhelligkeit, L-Wert
H*G	Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht
IGF	Insulin-like growth factor
i.m.	intramuskulär
IMF	intramuskulärer Fettgehalt [% der Frischmasse]
K	männlicher Kastrat, Borg
Kap.	Kapitel

KF	Kraftfutter
konv.	konventionell
Kotl.	Kotelett (Messstelle)
kPa	Kilopascal
L*	Fleischhelligkeit
LF ₁ Kotl.	Leitfähigkeit 45 Minuten nach Schlachtung im Kotelett [mS]
LF ₂₄ Kotl.	Leitfähigkeit 24 Stunden nach Schlachtung im Kotelett [mS]
LF ₂₄ Schi.	Leitfähigkeit 24 Stunden nach Schlachtung im Schinken [mS]
LG	Lebendgewicht [kg]
LMBG	Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-Gesetz
LPA	Leistungsprüfungsanstalt
LSM	Least Square Mean
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
LW	Large White
M.	Musculus
M.b.f.	Musculus biceps femoris
ME	umsetzbare Energie
MeOH	Methanol
Mess	Messung
Messinstr.	Messinstrument
MFA	Magerfleischanteil in [%] (nach FOM)
Min.	Minute
MJ	Mega Joule
M.l.d.	Musculus longissimus dorsi
MRT	Magnet-Resonanz-Tomographie
mS	Millisiemens
MUFA	monounsaturated fatty acids
Muskelans.	Muskelansatz [g/Tag]
Muvo.	Muskelvolumen [dm ³]
N	Newton
n	Anzahl Beobachtungen
ng	Nanogramm
NIT	Nah-Infrarot-Transmissionsanalyse
NMR	Nuclear Magnetic Resonance
NN	homozygot stressstabil
Nn	heterozygot stressstabil
nn	homozygot stressanfällig

pH _{1 Kotl}	pH-Wert 45 Minuten nach Schlachtung im Kotelett
pH _{24 Kotl.}	pH-Wert 24 Stunden nach Schlachtung im Kotelett
pH _{24 Schi.}	pH-Wert 24 Stunden nach Schlachtung im Schinken
Pi	Piétrain
PCR	Polymerase Chain Reaction
p.m.	post mortem
PUFA	polyunsaturated fatty acids
RFLP	Restriction Fragment Length Polymorphism
RS Mitte	Rückenspeckdicke an der Messstelle Rückenmitte
RYR 1	Ryanodin Rezeptor Gen
Schi.	Schinken (Messstelle)
Schi.gew.	Schinkengewicht [kg]
Schlachth.	Schlachthälfte
Schl.gew.w	Schlachtgewicht warm [kg]
SE	Standard Error
SFA	saturated fatty acids
SH	Schwäbisch-Hällisches Landschwein
SKG	Schlachtkörpergewicht
SKL	Schlachtkörperlänge
SPM B	Speckmaß B [cm]
SSP	Seitenspeckdicke [cm]
SZ	Standard Size
TMSH	Trimethylsulfoniumhydroxid
TS ₂₄	Tropfsaftverluste nach 24 Stunden [%]
TS ₄₈	Tropfsaftverluste nach 48 Stunden [%]
TZ	Tageszunahmen [g]
WDT	Wirtschaftsgenossenschaft deutscher Tierärzte eG
Wolodk.	Messinstrument nach N. Wolodkewitsch
XP	Rohprotein
α	Irrtumswahrscheinlichkeit
γ	Gamma
μg	Mikrogramm
μl	Mikroliter

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Einflüsse auf das prä- und postnatale Wachstum von Säugetieren (Eisen 1976)	6
Tabelle 2:	Auswahl an Wachstumskurven (modifiziert nach Wellock et al. 2004) ..	8
Tabelle 3:	Tropfsaftverluste in Abhängigkeit von der Vaterlinie (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002).....	31
Tabelle 4:	Übersicht über Tropfsaftverluste (M.l.d.) in Abhängigkeit von der Fütterung (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002)	32
Tabelle 5:	Übersicht über sensorisch erfasste Eigenschaften des Fleisches (Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 2002).....	39
Tabelle 6:	IMF Gehalte [%] in Abhängigkeit von der Genetik	45
Tabelle 7:	IMF Gehalte [%] in Abhängigkeit vom Geschlecht	46
Tabelle 8:	IMF Gehalte [%] in Abhängigkeit von der Produktionsart	47
Tabelle 9:	Übersicht über Fleischbeschaffenheitsparameter (M.l.d.) (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002).....	48
Tabelle 10:	Anzahl eingestallter, geschlachteter Tiere sowie deren Verluste	51
Tabelle 11:	Überblick über die Verlustdaten und -ursachen	51
Tabelle 12:	Anzahl Tiere mit Mastleistungs- und Schlachtkörperqualitätsdaten	52
Tabelle 13:	Anzahl mittels MRT gemessener Tiere	53
Tabelle 14:	Futterzusammensetzung.....	54
Tabelle 15:	Kennwerte der Ration nach Analyse der Originalsubstanz	55
Tabelle 16:	MRT Messprotokoll.....	57
Tabelle 17:	Mittels MRT erfasste Merkmale.....	60
Tabelle 18:	Erfasste Merkmale der Mastleistung	62
Tabelle 19:	Erfasste Merkmale des Schlachtkörperertrags und der Schlachtkörperzusammensetzung	63
Tabelle 20:	Mittels Kotelettphotos erfasste Merkmale, Anschnitt 13./14. Rippe.....	64
Tabelle 21:	Erfasste Merkmale der Fleisch- und Fettqualität	65
Tabelle 22:	Im Standard enthaltene Fettsäuren.....	68
Tabelle 23:	Rohmittelwerte und Standardabweichung (in Klammern) der Einstall- und Mastendgewichte verschiedener Herkünfte	72
Tabelle 24:	Einflussfaktoren auf Merkmale der Mastleistung.....	76

Tabelle 25:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der Mastleistung in Abhängigkeit von der Herkunft.....	77
Tabelle 26:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Mastleistungsmerkmale in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	78
Tabelle 27:	Einflussfaktoren auf Muskel- und Fettvolumina zu verschiedenen Messzeitpunkten	78
Tabelle 28:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Muskel- und Fettvolumina [dm^3] je nach Herkunft und Messung.....	79
Tabelle 29:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Muskel- und Fettvolumina in Abhängigkeit vom Geschlecht	80
Tabelle 30:	Einflussfaktoren auf das mittels MRT erfasste Merkmal Fleisch zu Fett-Verhältnis	82
Tabelle 31:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für das Merkmal Fleisch zu Fett-Verhältnis (MRT) in Abhängigkeit von der Herkunft ...	82
Tabelle 32:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für das Merkmal Fleisch zu Fett-Verhältnis (MRT) in Abhängigkeit vom Geschlecht	83
Tabelle 33:	Einflussfaktoren auf Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Lebendgewichtes	83
Tabelle 34:	Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Lebendgewichtes der Herkünfte	85
Tabelle 35:	Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Lebendgewichtes der Geschlechter	86
Tabelle 36:	Einflussfaktoren auf Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Muskelwachstums	88
Tabelle 37:	Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Muskelwachstums der Herkünfte.....	89
Tabelle 38:	Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Muskelwachstums bei Sauen und Börgen.....	91
Tabelle 39:	Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Muskelwachstums in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht.....	93
Tabelle 40:	Einflussfaktoren auf Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Fettwachstums.....	94

Tabelle 41:	Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Fettwachstums der Herkünfte	94
Tabelle 42:	Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Fettwachstums bei Sauen und Börgen	97
Tabelle 43:	Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Fettwachstums in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht	99
Tabelle 44:	Einflussfaktoren auf Merkmale der Schlachtkörperqualität	103
Tabelle 45:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) ausgewählter Merkmale der Schlachtkörperqualität in Abhängigkeit von der Herkunft	104
Tabelle 46:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der Schlachtkörperqualität in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	105
Tabelle 47:	Einflussfaktoren auf Merkmale der Schlachtkörperqualität (Kotelettplanimetrie)	106
Tabelle 48:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der Schlachtkörperqualität (Kotelettplanimetrie) in Abhängigkeit von der Herkunft	107
Tabelle 49:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der mittels Kotelettplanimetrie erfassten Schlachtkörperqualität in Abhängigkeit vom Geschlecht	108
Tabelle 50:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der mittels Kotelettplanimetrie erfassten Schlachtkörperqualität in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht	109
Tabelle 51:	Einflussfaktoren auf Merkmale der Fleischqualität.....	109
Tabelle 52:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Herkunft.....	111
Tabelle 53:	Überblick über die Tropfsaftverluste je nach Herkunft	111
Tabelle 54:	Einflussfaktoren auf sensorische Merkmale	112
Tabelle 55:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für sensorische Merkmale in Abhängigkeit von der Herkunft.....	112
Tabelle 56:	Einflussfaktoren auf das Fleischqualitätsmerkmal Zartheit, nach verschiedenen Methoden gemessen	113

Tabelle 57:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für das Merkmal Zartheit, nach verschiedenen Methoden gemessen, in Abhängigkeit von der Herkunft	114
Tabelle 58:	Einflussfaktoren auf Merkmale der Fettqualität	114
Tabelle 59:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Fettqualitätsmerkmale bei vier Herkünften.....	115

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Wachstumskurve, die das Gewicht über die Zeit wiedergibt (Whittemore 1998)	4
Abbildung 2:	Wachstumskurven verschiedener Nutztiere und des Menschen (Lawrence and Fowler 2002)	5
Abbildung 3:	Der Schlachttierwert in seinen Komponenten (Kallweit 2000).....	12
Abbildung 4:	Parameter der Fleischbeschaffenheit (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002)	15
Abbildung 5:	Narkosegerät (Fa. Dräger)	56
Abbildung 6:	Schwein im Tomographen (Fa. Bruker).....	56
Abbildung 7:	Querschnitt durch den Schinken eines BHZP Borgs	58
Abbildung 8:	„entbeinte“ Schinkenhälfte mit eingezeichneten Regionen.....	59
Abbildung 9:	Falschfarben-Darstellung der Schinkenhälfte nach Klassifikation.....	59
Abbildung 10:	LSQ-Mittelwerte und Standardfehler für Fettvolumina in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht	81
Abbildung 11:	Zeitliche Entwicklung der Lebendgewichte verschiedener Schweineherkünfte	85
Abbildung 12:	Zeitliche Entwicklung der Lebendgewichte von Börgen und Sauen	87
Abbildung 13:	Muskelwachstum verschiedener Schweineherkünfte als Funktion des Lebendgewichtes.....	90
Abbildung 14:	Zeitliches Muskelwachstum verschiedener Schweineherkünfte	90
Abbildung 15:	Muskelwachstum von Börgen und Sauen als Funktion des Lebendgewichtes	92
Abbildung 16:	Zeitliches Muskelwachstum von Börgen und Sauen.....	92

Abbildung 17: Fettwachstum verschiedener Schweineherkünfte als Funktion des Lebendgewichtes	96
Abbildung 18: zeitliches Fettwachstum verschiedener Schweineherkünfte.....	96
Abbildung 19: Fettwachstum von Börgen und Sauen als Funktion des Lebendgewichtes	98
Abbildung 20: Zeitliches Fettwachstum von Börgen und Sauen	98
Abbildung 21: Entwicklung des Lebend-, Muskel- und Fettgewichtes bei BHZP	101
Abbildung 22: Entwicklung des Lebend-, Muskel- und Fettgewichtes bei Du*DL	101
Abbildung 23: Entwicklung des Lebend-, Muskel- und Fettgewichtes bei Pi*SH	102
Abbildung 24: Entwicklung des Lebend-, Muskel- und Fettgewichtes bei SH.....	102
Abbildung 25: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler für den Magerfleischanteil in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht	105

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1:	Befund Institut für Pathologie, Stiftung Tierärztliche Hochschule, Histopathologische Diagnose	145
Anhang 2:	phänotypische Korrelationen zwischen IMF-Gehalt, sensorisch erfassten Parametern sowie mechanisch gemessener Zartheit	146

1 Einleitung

Die Nachfrage nach ökologisch erzeugten Lebensmitteln ist in den letzten Jahren in Deutschland deutlich gestiegen. Dies gilt auch für Bio-Schweinefleisch (Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH 2010). Trotz der hohen Nachfrage und einer gestiegenen Produktion liegt der Anteil von Bio-Schweinen am Gesamtschweinebestand in Deutschland nach wie vor unter einem Prozent und ist damit nur von marginaler Bedeutung. Ein Grund dafür ist, dass für die Vermarktung ökologisch erzeugten Schweinefleisches bisher ein eigenständiges Qualitätsprofil fehlt (Branscheid 2003), was wiederum seine Ursache in einer überwiegenden Nutzung gleicher Herkünfte wie in der konventionellen Erzeugung hat (Nauta 2001, Löser et al. 2003). Der Einsatz anderer Herkünfte spielt eine nur untergeordnete Rolle (Löser et al. 2003), da ihre Leistungsmerkmale stark variieren und somit nicht den heutigen Marktanforderungen standhalten (Schön und Brade 1996, Hansson et al. 2000). Eigens für die ökologische Schweinemast gezüchtete Herkünfte stehen zurzeit nicht zur Verfügung (Nauta 2001, Augsten et al. 2003, Weissmann 2003a). Basierend auf der EG-Öko-Verordnung (EG) Nr. 834/2007 sowie der dazugehörigen Durchführungsverordnung (EG) Nr. 889/2008 ergibt sich das Bestreben des ökologischen Landbaus, einheimischen Rassen den Vorzug zu geben, diese im Hinblick auf ihre Anpassungsfähigkeit an die Umweltbedingungen zu wählen und die ökologische Schweinefleischerzeugung auszuweiten.

Sowohl für die konventionelle als auch für die ökologische Fleischerzeugung sind Wachstum und Entwicklung von grundlegender Bedeutung. Je mehr Wissen über Wachstumsverläufe und über quantitative Veränderungen der Körperzusammensetzung von Nutztieren besteht, desto besser lassen sich Produktionsprozesse und die spätere Qualität des Schlachtkörpers beeinflussen. Dies kann z. B. durch die Wahl des Fütterungsregimes, der Haltungsbedingungen, durch züchterische Maßnahmen oder Bestimmen optimaler Schlachtzeitpunkte geschehen.

Eine exakte quantitative Bestimmung der Körperzusammensetzung kann mit Hilfe der Magnet-Resonanz-Tomographie vorgenommen werden, einer in der Humanmedizin etablierten Technik zur bildlichen Darstellung des Körperinneren. In der Tierzuchtforschung ist dieses nicht invasive Verfahren vor allem in Wachstumsstudien

zur Anwendung gekommen, da Probanden wiederholt untersucht werden können, ohne den Wachstumsprozess nachhaltig zu beeinflussen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu prüfen, ob und inwiefern sich seltene und marktgängige Rassen bzw. Herkünfte hinsichtlich ihres Wachstums und ihrer Produktqualität unter ökologischen Haltungsbedingungen unterscheiden. Dazu werden Tiere aus dem Bundeshybridzuchtprogramm (BHZP), Duroc gekreuzt mit Deutscher Landrasse (Du*DL), Piétrain angepaart mit Schwäbisch Hällischem Landschwein (Pi*SH) und Schwäbisch Hällisches Landschwein in Reinzucht (SH) miteinander verglichen. Die Ergebnisse sollen Aufschluss über die Eignung der verschiedenen Herkünfte für die ökologische Schweinefleischerzeugung geben und dazu dienen, das Betriebsmanagement optimal auf das Gewebewachstum der Schweineherkünfte einzustellen.

2 Literatur

2.1 Wachstum

2.1.1 Grundlagen und Beschreibung des Wachstums

Wachstum stellt einen komplexen biologischen Prozess lebender Organismen dar und ist von großer Bedeutung für die Fleischerzeugung. Es beginnt mit der Zygote und endet mit der gänzlichen Ausbildung des adulten Organismus (Wiederhold 1996). Wachstum kann in zwei Perioden eingeteilt werden, eine pränatale und eine postnatale (Whittemore 1998). Das pränatale Wachstum ist vorwiegend durch Hyperplasie und postnatales hauptsächlich durch Hypertrophie gekennzeichnet. Das postnatale Wachstum besteht somit überwiegend aus Höhen-, Längen- und Tiefenwachstum, Organausbildung, Skelettossifikation sowie der Vergrößerung der Muskel- und Fettzellen (von Lengerken und Wicke 2006). Definitionen des Begriffs Wachstum geben von Bertalanffy (1957), Robison (1976), Owens et al. (1993), Whittemore (1998) und Wittmann (2000).

Whittemore (1998) betonte, dass postnatales Wachstum aus drei Phasen besteht, die von einander getrennt betrachtet werden können. Die erste Phase stellt ein stark zunehmendes, die zweite ein lineares zwischen erster und dritter und die dritte ein abnehmendes Wachstum dar (vgl. Abbildung 1).

Anhand Abbildung 1 wird ein sigmoidaler Verlauf des Wachstums widerspiegelt. Kurz nach der Geburt ist das Wachstum noch gering. Daraufhin findet eine Beschleunigung des Wachstums statt, bis der maximale Zuwachs im Wendepunkt der Kurve erreicht wird. Hiernach flaut die Wachstumsgeschwindigkeit wieder ab. Ist das Endgewicht erreicht, stehen anabole und katabole Prozesse im Gleichgewicht. Überträgt man die abgebildete Kurve auf den Muskel- und Fettansatz, so überwiegt vor Erreichen des Wendepunktes der Protein- und nach Erreichen des Wendepunktes der Fettansatz (Van Lunen and Cole 1998).

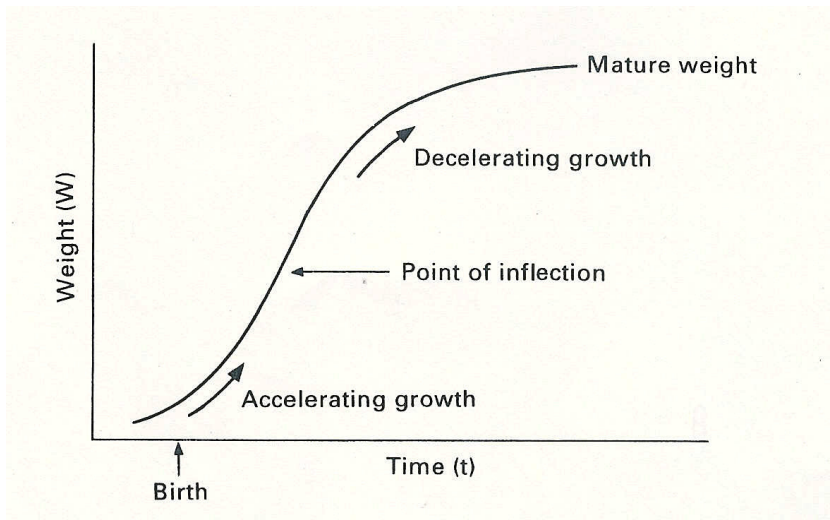


Abbildung 1: Wachstumskurve, die das Gewicht über die Zeit wiedergibt (Whittemore 1998)

Lawrence and Fowler (2002) verweisen darauf, dass Wachstum aus zwei entgegengesetzten Faktoren besteht, einerseits aus der Zellvermehrung und andererseits aus einer limitierend wirkenden Zellspezialisierung sowie der Tatsache, dass nicht fortwährend Nahrung aufgenommen werden kann. Sind aufbauende und limitierende Faktoren weitestgehend ausgeglichen, entsteht eine lineare Phase des Wachstums (Abbildung 2). Das Reifestadium eines Tieres beinhaltet den Zeitraum ausgehend von der Geschlechtsreife bis hin zum Erlangen des Endgewichtes.

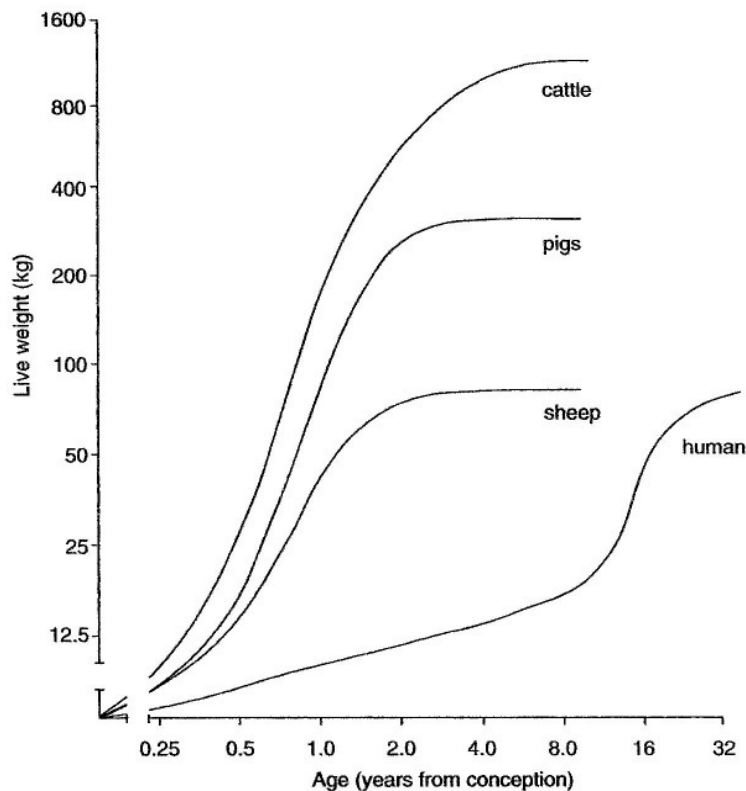


Abbildung 2: Wachstumskurven verschiedener Nutztiere und des Menschen (Lawrence and Fowler 2002)

Robison (1976) und Jørgensen (1998) stellten heraus, dass das Wachstum von Mastschweinen im Lebendgewichtsbereich von 25 kg bis etwa 100 kg annähernd linear verläuft. Nach Robison (1976) verläuft das Wachstum bis zum Zeitpunkt des Absetzens in den ersten 10 Lebenswochen nicht durchgehend gradlinig, sondern bei einer Einteilung in die ersten 6 Wochen und die darauf folgenden 6 Wochen jeweils linear.

Wellock et al. (2004) definierten das Wachstumspotenzial als maximal erreichbare Wachstumsrate eines Tieres unter nicht limitierenden Bedingungen wie z. B. ad libitum Fütterung, optimierte Futterinhaltsstoffe v. a. hinsichtlich Energiegehalt, optimaler Futterbeschaffenheit und Rückstandsfreiheit sowie keine das Tier einschränkende Umweltfaktoren. Danach bestimmt der Genotyp die maximale Ebene des Wachstums, während die oben genannten Faktoren das Ausmaß beeinflussen, in dem das genetische Potenzial zum Ausdruck kommt. Der Verlauf der Wachstumskurven ist insgesamt abhängig vom Geschlecht, Genotyp, Ernährungsniveau, Gesundheitsstatus und der Umwelt (Van Lunen and Cole 1998). Das genetische Wachstumspotenzial kann sich nur voll entfalten, wenn das Ernährungsniveau optimal, die Umwelt adäquat und der

Gesundheitsstatus hoch sind. Nach Jørgensen (1998) ist das Wachstum zu Beginn von der Futteraufnahme und später durch das Proteinansatzvermögen limitiert.

Eisen (1976) gibt einen Überblick über das prä- und postnatale Wachstum und die Körperzusammensetzung von Mäusen und Ratten sowie über generelle Einflüsse auf das Wachstum von Säugetieren (Tabelle 1).

Tabelle 1: Einflüsse auf das prä- und postnatale Wachstum von Säugetieren (Eisen 1976)

Growth		
Prenatal	Postnatal	
	Prewaning	Postweaning
Genotype	Genotype	Genotype
Hormonal control	Hormonal control	Hormonal control
Genotype of dam	Genotype of dam	Genotype of dam
Nutrition of dam	Nutrition of dam	Nutrition
Litter size	Litter size	Sex
Age of dam	Birth weight	Weaning weight
Other environmental factors	Milk of dam	Other environmental factors
(ambient temperature, humidity, light, hygiene, management, etc.)	Maternal care	(ambient temperature, humidity, light, hygiene, management, etc.)
	Age of dam	
	Other environmental factors	
	(ambient temperature, humidity, light, hygiene, management, etc.)	

Emmans and Kyriazakis (1999) verweisen darauf, dass das aktuelle Wachstum nur bei ad libitum Fütterung, bei Vorhandensein aller Inhaltsstoffe im optimalen Verhältnis zu ausreichend Energie, maulgerechter Futterbeschaffenheit und dem Tier angenehmer Temperatur, dem möglichen entspricht. Schinckel and de Lange (1996) stellten heraus, dass das maximale Magerfleischwachstum einer Genetik nur erreicht werden kann, wenn alle Nährstoffe ausreichend vorhanden und die Umwelt optimal sind. Weitere Einflüsse auf das postnatale Wachstum, speziell von Schafen, führten Streit (1995) und auf das prä- und postnatale Wachstum von Tieren allgemein Kastelic (1997) auf. Solanes et al. (2004) untersuchten, zu welchem Zeitpunkt sich direkte und maternale genetische Effekte sowie Wurf-Umwelt Effekte auf das Wachstum, die Mastleistung und Schlachtkörpermerkmale beim Schwein auswirken. Das Gewicht der Ferkel vor

dem Absetzen wurde von allen drei Effekten beeinflusst, wobei der Einfluss der maternalen Effekte mit der Zeit ab- sowie der Einfluss der direkten genetischen Effekte zunahmen. Ein Einfluss der maternalen Effekte auf die durchschnittlichen täglichen Zunahmen konnte nicht festgestellt werden. Owens et al. (1993) stellten heraus, dass Unterernährung bei Menschen und Tieren das Wachstum verlangsamt, da sie im frühen Stadium die Zellteilung negativ beeinflusst. Weiterhin können die hormonelle Konstellation (Insulin, Somatotropin, IGF I und II) (De Boer and Kanis 1991, Lawrence and Fowler 2002) und Umweltfaktoren, wie Temperatur oder Tageslichtlänge, das Wachstum beeinflussen (Owens et al. 1993). Einen Überblick über die endokrine Regulation des Wachstums und des Stoffwechsels bei Schweinen geben Claus and Weiler (1994).

2.1.1.1 Wachstumskurven

Eine Wachstumskurve drückt den zeitlichen Verlauf des Wachstums aus (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2), das sich jedoch in keiner allgemein gültigen Kurvenform und Universalformel widerspiegeln lässt. So kann z. B. über mehrfache Messungen die Entwicklung des Körpergewichtes durch Kurvenfunktionen mit wenigen Variablen dargestellt werden. Tierzüchterisch ist es interessant, die Form der Wachstumskurve zu verändern, z. B. durch einen früheren Beginn der intensiven Wachstumsphase oder der Reduktion des asymptotischen Endgewichtes.

Um Wachstum beschreiben und berechnen zu können, existieren eine Reihe von Wachstumsmodellen. Es gibt verschiedene Wachstumsarten wie z. B. das lineare, bei dem die Änderungsrate konstant ist, oder das exponentielle sowie das logistische Wachstum. Wird Wachstum als Funktion der Zeit dargestellt, ergeben sich mathematisch mehrere Möglichkeiten von Wachstumskurven. Nach von Bertalanffy (1957) verläuft das Wachstum der Körpermasse und der meisten Organe im Allgemeinen sigmoidförmig. Sigmoid-Wachstumsfunktionen beschreiben Prozesse, deren Wachstumsraten am Wendepunkt maximal oder auch minimal sind (Warnstorff und Dörfel 1999). Einen Überblick über die logistische Wachstumskurve nach Verhulst und über die darauf aufbauenden Kurven wie die von von Bertalanffy, Richards und Gompertz geben Tsoularis (2001) und Tsoularis and Wallace (2002). Diese und weitere Wachstumskurven wendeten Gille (1989), Schinckel and Craig (2001), Bermejo et al. (2003), Lambe et al. (2006), Köhn et al. (2007) oder Schulin-Zeuthen et al. (2007) an.

Wellock et al. (2004) geben eine Übersicht über fünfzehn verschiedene Wachstumsfunktionen (Tabelle 2) bei Schweinen an und verweisen auf deren Vor- und Nachteile. Sie bevorzugten Formeln mit einer geringen Anzahl Parameter, da diese besser anzuwenden und leichter zu verstehen sind. Weiterhin war ihnen eine biologisch sinnvolle Interpretierbarkeit der Parameter wichtig. Letztendlich favorisierten Wellock et al. (2004) die Gompertz-Funktion (1825). Auch Emmans and Kyriazakis (1997) und Emmans and Kyriazakis (1999) favorisierten diese zur Beschreibung des potenziellen Wachstums, da in ihren Augen ebenfalls kein Vorteil hinsichtlich Flexibilität durch mehr Parameter erreicht wird. Sie meinten, dass Funktionen mit mehr Parametern nicht das potenzielle, sondern das aktuelle Wachstum wiedergeben. Pfeiffer et al. (1984) stellten u. a. die Funktionen nach Gompertz, von Bertalanffy und die logistische vor und ermittelten anhand von Messwerten funktionsgebundene Parameter zur Darstellung der Lebendmasseentwicklung.

Tabelle 2: Auswahl an Wachstumskurven (modifiziert nach Wellock et al. 2004)

Funktion nach	Wachstumsfunktion $W = f(t)$	Anzahl Parameter
Gompertz (1825)	$A \exp(-\exp(-G_0 - (k t)))$	3
Robertson (1908), logistisch	$A/(1 + ((A-W_0)/W_0)(\exp(-A k t)))$	3
Brody (1945)	$W_0 \exp(c t)$ (anabole Phase) $A [1 - \exp(-k(t - t^*))]$ (katabole Phase)	3
Von Bertalanffy (1957)	$\{n/k - (n/k - W_0^{(1-m)})e^{-(1-m)k t}\}^{1/(1-m)}$	4
Richards (1959)	$W_0 A/(W_0^n + (A^n - W_0^n)\exp(-(k t)))^{1/n}$	4
Asymmetrische S-Funktion (Kusec 2001)	$A/(1+b*\exp^{-c\gamma t})^{1/\gamma}$	4

A: asymptotischer Endwert (kg) bei t gegen unendlich, **b, m, n, γ :** Parameter zur Modellierung der Kurvenform (Anstieg und Wendepunkt), **G_0 :** $-\ln(-\ln(W_0/A))$, **t:** Zeit, Alter, **W_0 :** Gewicht (kg) bei $t=0$, Geburtsgewicht, **c, k:** Wachstumsrate

Eine detaillierte mathematische Beschreibung und die Anwendbarkeit der in Tabelle 2 aufgeführten Funktionen ist bei Gille (1989) zu finden.

Die von Gompertz bereits 1825 erstellte Funktion ist eine der meist angewandten im Bereich der Wachstumsmathematik (Schulin-Zeuthen et al. 2007). Sie wurde u. a. von

Emmans and Kyriazakis (1997, 1999), Jørgensen (1998), Van Lunen and Cole (1998), Knap (2000 a, b) und López et al. (2000) genutzt.

Eine von Kusec (2001) und Kusec et al. (2007) beschriebene und angewandte Kurve ist die asymmetrische S-Funktion, die auf der Richards Funktion basiert und ebenfalls keinen fixen Wendepunkt aufweist. Sie geht bei $\gamma = 1$ in die logistische über und hat dementsprechend den Wendepunkt bei $\frac{1}{2} A$, bei $\gamma < 1$ liegt dieser niedriger als $\frac{1}{2} A$ und bei $\gamma > 1$ höher als $\frac{1}{2} A$ (Kusec 2001). Weiterhin ist es möglich Wachstum in Stufen, denen ein lokales Minimum bzw. Maximum zugeordnet werden kann, einzuteilen. Nach Kusec et al. (2007) ist eine nähere Beschreibung der asymmetrischen S-Funktion bei Kralik et al. (1999) zu finden. Kusec (2001) tomographierte Börgen, die sich einerseits in ihrer Genetik (Nn und NN) und andererseits in der Fütterungsintensität unterschieden. Das Wachstum wurde dann u. a. zeitlich mittels asymmetrischer S-Funktion betrachtet. Insgesamt stellte Kusec (2001) deutlich dar, dass es hinsichtlich Wachstum und Produktqualität keinen Grund zum weiteren Einsatz der Nn Genetik bei Mastschweinen gibt.

2.1.2 Exo- und endogene Einflüsse auf das Gewebewachstum

Genetisch- und umweltbedingte Faktoren beeinflussen die Myogenese und das pränatale Wachstum. Das Wachstum des Muskelfleisches und die letztendliche Muskelmasse werden vorwiegend von der Anzahl der Muskelfasern und deren Größe bestimmt (Rehfeldt et al. 2000). Die Anzahl der Muskelfasern ist genetisch bestimmt und zum Zeitpunkt der Geburt weitgehend fixiert (Owens et al. 1993, Rehfeldt et al. 2000, Lawrence and Fowler 2002, Mesires and Doumet 2002, Rehfeldt et al. 2004), so dass sich während des Wachstums hauptsächlich die Größe durch Hypertrophie verändert (Dwyer et al. 1993, Mesires and Doumet 2002). Nach Rehfeldt et al. (2000) korrelieren die Anzahl und die Größe der Muskelfasern positiv mit der Muskelmasse und dem Magerfleischanteil.

Gentry et al. (2004) zeigten, dass die Zusammensetzung der Muskulatur hinsichtlich Fasertypen durch die Art der Haltung (Freiland oder Stall) beeinflusst werden kann. Nissen et al. (2004) stellten fest, dass Ferkel, die zur Geburt bereits schwerer sind als ihre Wurfgeschwister und ebenfalls bis zu Schlachtung schwerer bleiben, eine größere Anzahl Muskelfasern aufweisen und bestätigten damit Dwyer et al. (1993). Exogene Einflussfaktoren auf die Muskelstruktur stellen z. B. die Gabe von Hormonen wie

porcine growth hormone (pST), Insulin oder Schilddrüsenhormon (Karlsson et al. 1999) sowie Fütterung oder Training dar. So ist es möglich, durch restriktive Fütterung die Querschnittszunahme der Fasern zu verzögern und durch Training den Durchmesser zu vergrößern (Wicke et al. 1998). Reeds et al. (1993) verdeutlichten, inwiefern eine länger andauernde Unterernährung die Muskelmasse in ihrem Wachstum verlangsamt. Lawrence and Fowler (2002) zeigten, dass sich das Wachstum des gesamten Muskels näherungsweise mit einer sigmoidalen Funktion widerspiegeln lässt.

Karlsson et al. (1999) führten auf, dass innerhalb der verschiedenen Muskelfasertypen Geschlechtsunterschiede bestehen. Ferner stellten sie dar, dass es Unterschiede zwischen hoch selektierten und alten Rassen gibt. Eber konnten mit etwa 600 g Muskelfleischansatz etwa 100 g Muskelfleisch pro Tag mehr ansetzen als Sauen und etwa 200 g mehr als Kastraten (Whittemore 1986).

Auf Grund der hohen genetischen Variabilität und Heritabilität der Muskelfaseranzahl und -größe bietet es sich an, dieses als Selektionskriterium hinsichtlich des Muskelfleischgehalts zu berücksichtigen. Selektion auf gesteigerte Muskelmasse durch Hypertrophie kann jedoch mit Stresssensibilität und Fleischqualitätseinbußen einhergehen (Rehfeldt et al. 2000). Nach Rehfeldt et al. (2000) besitzt die Rasse Piétrain die größten Muskelfasern, wobei Schweine zumeist vor Ende ihrer intensiven Wachstumsphase des Muskelgewebes bereits geschlachtet werden.

Wachstum schließt, obwohl aus ökonomischen Belangen das vorrangige Interesse der Muskulatur gilt, auch die Ablagerung von Fett ein. Fettzellen (Adipozyten) werden von sehr einfachen Organen der Unterhaut und anderen Stellen im Körper gebildet. Allgemein wird angenommen, dass sich Fettzellen aus Lipoblasten entwickeln, wobei nach Wicke et al. (1998) die histogenetische Entstehung bisher nicht vollends aufgeklärt ist. Lawrence and Fowler (2002) geben einen Einblick in die Histogenese von Fettzellen und verweisen auf weitere Literaturquellen.

Fettzellen füllen sich mit kleinen Fetttröpfchen und können somit ein Vielfaches ihrer ursprünglichen Größe erreichen. Nach Wicke et al. (1998) setzt sich das gespeicherte Fett größtenteils aus Triglyzeriden zusammen, deren Fettsäuren hauptsächlich aus den Futtermitteln, endogenen Triglyzeriden und der Glukose stammen. Es besteht die Möglichkeit, gespeichertes Fett je nach Energiebedarf mit Hilfe von Enzymen ständig zu synthetisieren und abzubauen (Lawrence and Fowler 2002). Nach Lawrence and Fowler (2002) findet die Entwicklung des Fettgewebes bei Schweinen in den ersten

zwei Monaten post partum vorwiegend durch Hyperplasie und ab fünf Monaten post partum überwiegend durch Hypertrophie statt. Nach der Geburt besitzen Ferkel sehr wenig Fett. Nach Swatland (1984) entwickelt sich das subkutane Fettgewebe bis fünf Monate nach der Geburt sowohl hypertroph als auch hyperplastisch, wohingegen das spätere Fettwachstum hauptsächlich hypertroph abläuft. Swatland (1984) nannte verschiedene Versuche an Schweinen, bei denen an unterschiedlichen Messstellen der Durchmesser der Fettzellen erfasst wurde und führte Effekte wie das Ernährungsniveau auf, die sich auf die Entwicklung der Fettzellen auswirken können. Den Einfluss des Geburtsgewichtes u. a. auf die mittels Ultraschall an verschiedenen Stellen gemessene Speckdicke von Schweinen stellten Poore and Fowden (2004) dar. Sie zeigten, dass Ferkel, die bei der Geburt leichter waren und langsamer gewachsen sind, nach 12 Monaten höhere Speckdicken besitzen als schwerere Ferkel mit schnellerem Wuchs. Dass mit steigendem Alter das Fettgewebe zunimmt, liegt dann an der Hypertrophie der Adipozyten und lipogenen Enzyme. Die mögliche Größe der Adipozyten und die Enzymaktivität ist nach Lawrence and Fowler (2002) rasseabhängig. Sie führten eine Studie von Hood and Allen (1977) auf, in der genetisch magerere Schweine zu unterschiedlichen Gewichten eine größere Anzahl von Fettzellen, jedoch mit geringerem Durchmesser, als fetttere Schweine haben.

Zunächst bildet sich während der Mast das Unterhautfett, dann das intermuskuläre und schließlich intramuskuläres Fett (Löffler 1994, Kolstad 2000). Nach Davies (1984) zeigten Tiere in Abhängigkeit ihrer Art, der Rasse und des Geschlechts eine unterschiedliche Prädisposition zum Fettansatz. Kolstad (2001) untersuchte die Gehalte an subkutanem, inter- und intramuskulärem sowie innerem Fett dreier Schweinerassen und stellte fest, dass sich zum Zeitpunkt des Absetzens die Tiere der modernen Rassen nicht von denen der alten Herkunft im Gesamtfettgehalt unterscheiden. Hybriden mit Einkreuzung einer alten Rasse zeigten ab einem Lebendgewicht von 50 kg insgesamt den höchsten Fettgehalt, vor allem bei subkutanem und innerem Fett, wobei jedoch Durocs ab 85 kg LG das höchste inter- und intramuskuläre Fettdepot aufwiesen.

Nach Whittemore (1986) bestehen Ferkel zum Zeitpunkt der Geburt aus weniger als 2 % Fett, wohingegen es nach 21 Tagen schon 15 % Fettanteil sein können. Nürnberg et al. (1998), Wood et al. (2004) und Cameron et al. (2000) verdeutlichten, dass die Fettzusammensetzung durch die Zusammensetzung des Futters (z. B. Gehalt an Rapssaat, Rapskuchen, Weide), das Alter und Körpergewicht, Geschlecht, Rasse, Umwelt, Temperatur, Depotlokalisation und Hormone (porcines Somatotropin)

beeinflussbar ist. Cameron et al. (2000) verweisen darauf, dass der Einfluss des Futters auf charakteristische Merkmale des intramuskulären Fettes größer ist als der der Genetik.

2.2 Qualitätskriterien in der Schweinefleischerzeugung

2.2.1 Schlachtkörperqualität

Die Komponenten, die die Schlachtkörperqualität und damit letztendlich den Wert des Schlachttieres bestimmen, verdeutlicht Abbildung 3.

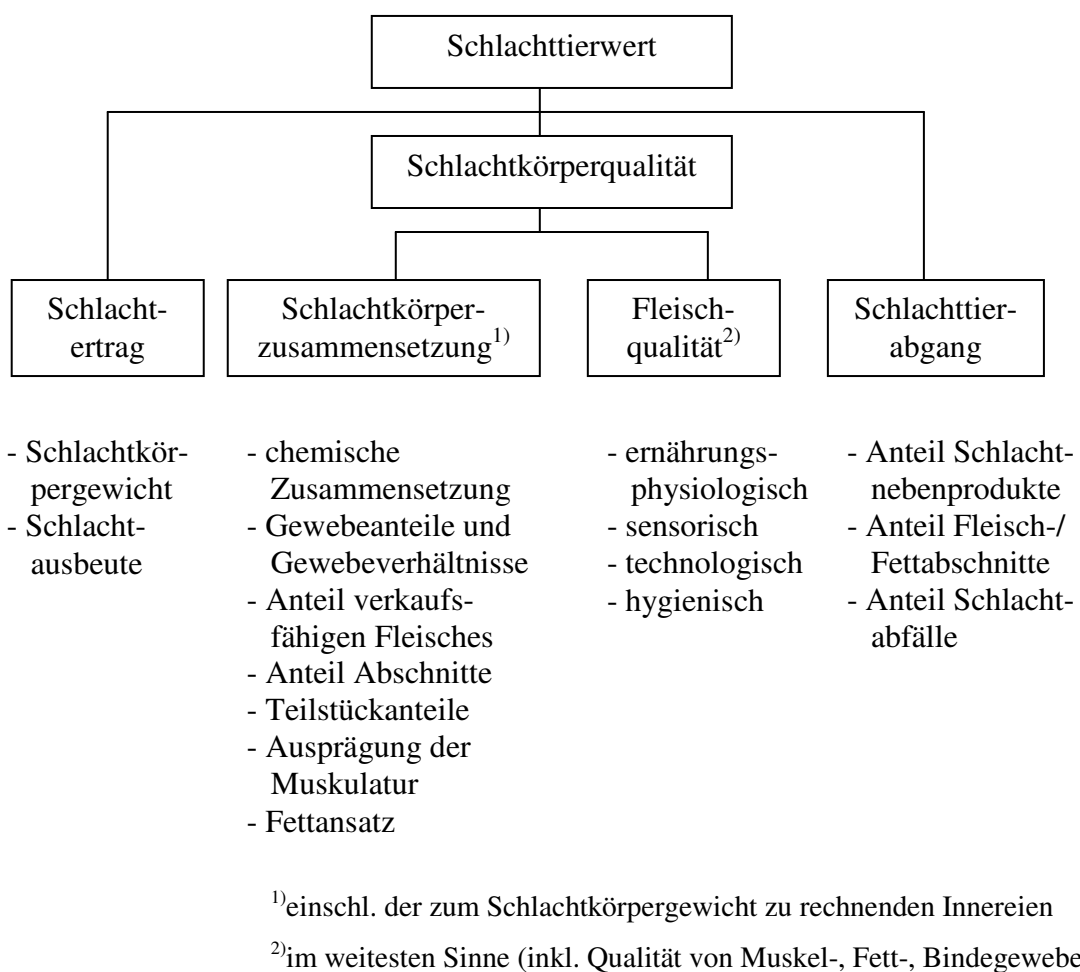


Abbildung 3: Der Schlachttierwert in seinen Komponenten (Kallweit 2000)

Nach Ebke und Sundrum (2005) stellten Schlachtunternehmen fest, dass Qualitätsmerkmale der, aus ökologischer Erzeugung stammenden Schweineschlachtkörper stark variieren. Dies entspricht weder den Ansprüchen der Verarbeiter und des Handels noch denen des Verbrauchers, da jeweils ein nach

Möglichkeit einheitliches Produkt nachgefragt wird. Daher sollte nach Weissmann (2003b) auch für ökologisch erzeugte Schweineschlachtkörper eine Unter- und Obergrenze für den Magerfleischanteil definiert werden. Sensorischen und technologischen Merkmalen sollte mit Verweis auf Fischer (2003) besonderes Augenmerk gelten.

Im Weiteren wird auf die Kriterien Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität ökologisch erzeugter Schlachtkörper detailliert eingegangen.

In Verbindung mit einer Preismaske bestimmen der Magerfleischanteil, das Schlachtgewicht sowie die Teilstückzusammensetzung sowohl in der konventionellen als auch in der ökologischen Schweinefleischerzeugung den Handelswert eines Schlachtkörpers.

2.2.1.1 Erfassung der Körperzusammensetzung

Kauffman and Warner (1993) geben eine sehr detaillierte Übersicht über verschiedene Methoden, um die Körperzusammensetzung zu erfassen. Die Übersicht ist in vier Kategorien unterteilt: visuelle Schätzung (Vergabe von Punkten oder Klassen), physikalische Methoden (Wiegen, Dichte erfassen, Planimetrierung, Zerlegung), auf Elektrik basierende Methoden (Video Image Analysis, Bioelektrische Impedanz, Ultraschall, CT, NMR) und chemische Methoden. Eine weitere Übersicht über Messtechniken ist bei Lawrence and Fowler (2002) aufgeführt.

Die bekanntesten Methoden zur nicht invasiven Ermittlung der Körperzusammensetzung sind die Ultraschall Messung, Computer Tomographie (CT) und Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) (Szabo et al. 1999).

Bei der Magnet-Resonanz-Tomographie handelt es sich um ein bildgebendes, nicht invasives Verfahren, das in der Humanmedizin seit 1981 zu diagnostischen Zwecken (Thiet und Baulain 1992) und in der Tierzucht zur in vivo Bestimmung der Körperzusammensetzung genutzt wird. Mit Hilfe von Radiowellen und Magnetfeldern ist es möglich, Körpergewebe sowie innere Organe in Form von Schnittbildern darzustellen. Die Schnittebenen im Tierkörper sind frei wählbar. Der Bildkontrast hängt einerseits von der Protonendichte und andererseits von verschiedenen Relaxationszeiten der Gewebe ab (Thiet und Baulain 1992). Hierin unterscheiden sich verschiedene

Gewebe deutlich, so dass es ohne Kontrastmittel möglich ist, diese auf Grund spezifischer Merkmale voneinander abzugrenzen (Weishaupt et al. 2003).

Grundlagen der MRT-Technik sind bei Griep (1991) sowie Wentzel (1994) und detaillierte Beschreibungen bei Weishaupt et al. (2003) oder Dilcher (2004) zu finden. Einen vereinfachten Einblick in die Bilderstellung und -analyse gibt Baulain (1994). Smidt et al. (1991) und Kallweit et al. (1994) geben einen Einblick in die Anwendungsmöglichkeiten der MRT für die „morphologisch orientierte“ Nutztierwissenschaft sowie Thiet und Baulain (1992) für die Veterinärmedizin.

Eine Grundlagenarbeit mit dem Magnet-Resonanz-Tomographen des Instituts für Tierzucht¹ der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) erstellte Griep (1991). Dabei ergab sich, dass die mittels MRT erhaltenen Schätzfunktionen aussagekräftiger sind als multiple Funktionen aus Schlachtkörpermerkmalen und/oder die Teilstückzerlegung. Die MR-Tomographie ist somit nach Griep (1991) eine gute Alternative zur grobgeweblichen Zerlegung. Die Anwendbarkeit der MRT und deren hohe Genauigkeit hinsichtlich der Schätzung der Körperzusammensetzung bestätigten ebenfalls Fowler et al. (1992), Streitz (1995), Baulain (1996), Wiederhold (1996), Mitchell et al. (2001) und Collewet et al. (2005) an verschiedenen Tierarten.

Schreinemachers et al. (1999) untersuchten, ob eine objektive Bauchbewertung bei Schweinen mittels MRT möglich ist und bestätigten dies. Eine weiterführende Arbeit lieferten Tholen et al. (2003). Sie wendeten drei verschiedene Methoden (Regressionsgleichungen, Planimetrie eines digitalen Bildes und AutoFOM) an, um die Gewebezusammensetzung des Schweinebauches für die Stationsprüfung zu schätzen. Als Referenzmethode wurde die MRT genutzt, um die genaue Zusammensetzung des Bauches bildlich zu erfassen. Verglichen mit der MRT Referenzmethode lagen die mittels Regressionsgleichung erhaltenen Werte am nächsten an denen aus der MRT, wohingegen mittels AutoFOM der Magerfleischgehalt unterschätzt und mittels digitaler Bilder überschätzt wurde. Somit bot die Regressionsgleichung also die höchste Schätzgenauigkeit, gefolgt von der digitalen Bildtechnik; die geringste Genauigkeit lieferte AutoFOM. Baulain et al. (2004) untersuchten an 176 Schweineschlachtkörpern, ob die MRT als Referenztechnik zur exakten Messung der Körperzusammensetzung von Schweinen in der Leistungsprüfung eingesetzt werden kann. Insgesamt wurden ausreichende Genauigkeiten erreicht, so dass eine Eignung der MRT für die Leistungsprüfung geschlussfolgert werden kann.

¹ seit dem 01.01.2008: Institut für Nutztiergenetik, Friedrich-Löffler-Institut

2.2.2 Fleischqualität

2.2.2.1 Definition und Erfassung

Der Begriff Fleischqualität soll die Beschaffenheit des Fleisches charakterisieren, deren Merkmale sowohl objektiv erkennbar als auch definiert sind (Honikel 1998).

Hofmann (1998) beschreibt Fleischqualität folgendermaßen: „Fleischqualität ist die Gesamtheit aller Merkmale des Fleisches, die für seinen Nährwert, seinen Genuss, die Gesundheit des Menschen und die Verarbeitung des Fleisches von Bedeutung sind.“

Folgende Parameter charakterisieren die Fleischbeschaffenheit (Abbildung 4):

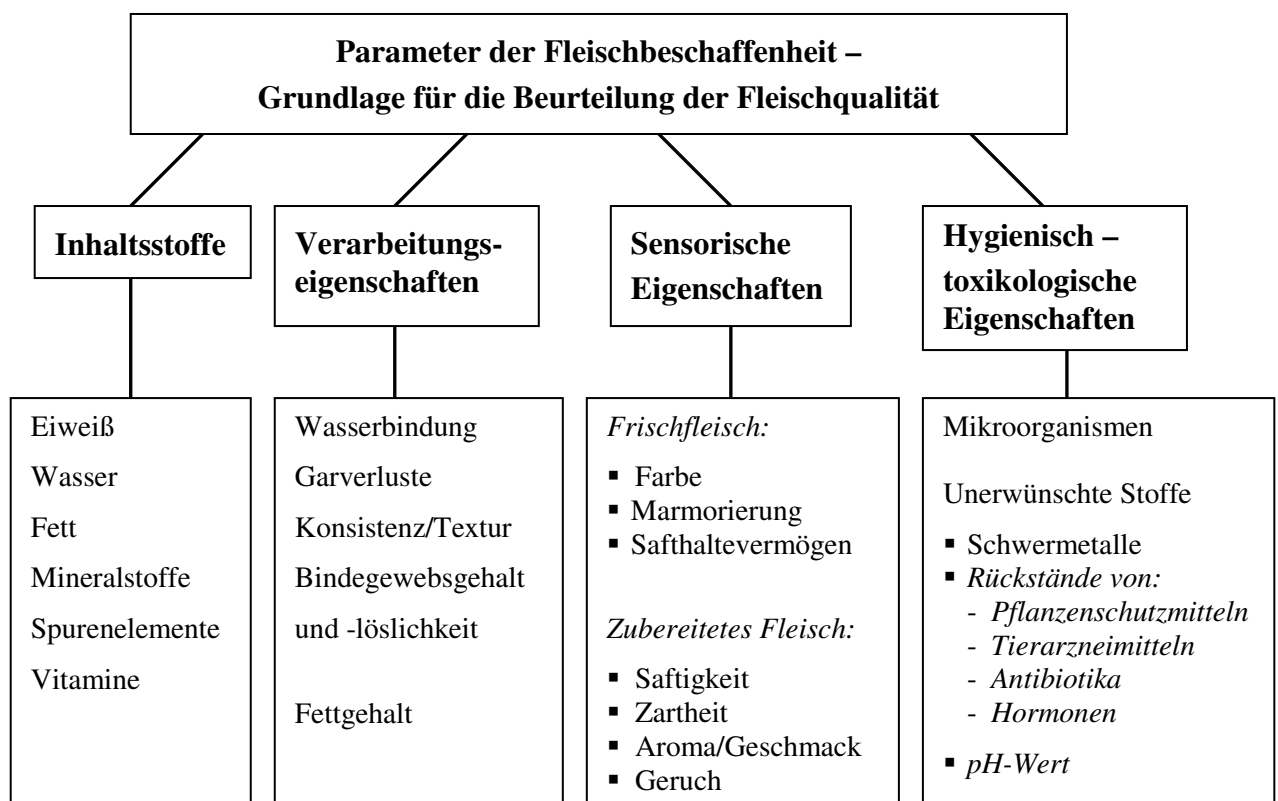


Abbildung 4: Parameter der Fleischbeschaffenheit (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002)

Nach Honikel (1998) ist für die Verarbeitung (siehe Verarbeitungseigenschaften, Abbildung 4) und Zubereitung die technologische Qualität relevant. In diesen Parametern unterscheiden sich konventionelle Lebensmittel kaum von ökologischen, der Autor merkt jedoch an, dass bis zu diesem Zeitpunkt nur wenige Vergleichsstudien vorliegen. Als Aspekte der technologischen Qualität sollen im Folgenden das Wasserbindevermögen und die Fettsäurezusammensetzung als beeinflussende Faktoren angesprochen werden:

Der Tropfsaftverlust, als Messgröße des Wasserbindungsvermögens, stellt nicht nur ein Merkmal der Fleischqualität, sondern auch einen wichtigen wirtschaftlichen Faktor sowie einen Faktor der Verbraucherakzeptanz dar.

Otto et al. (2004) untersuchten den *M. longissimus dorsi* von 776 konventionell gehaltenen Schweinen hinsichtlich der Tropfsaftverluste mittels der EZ Drip Loss Methode (Rasmussen and Andersson 1996) und stellten diese einer älteren Methode, in der eine Scheibe Rückenmuskel in einem Plastikbeutel abtropft, gegenüber. Der durchschnittliche Tropfsaftverlust nach 48 Stunden betrug 4,97 % nach der EZ Drip Loss Methode und mittels Beutel nach 24 Stunden 1,94 % sowie nach 48 Stunden 3,33 %. Ähnliche Werte erfassten auch Otto et al. (2006) mit 4,71 % mittels EZ Drip Loss und 3,1 % mittels Beutel nach 48 Stunden bei konventionellem Fleisch. Bei ökologisch erzeugtem Fleisch ermittelten Millet et al. (2005) nach 48 Stunden mittels Beutelmethode Tropfsaftverluste von 7,3 % sowie Millet et al. (2004) 7,2 %, Olsson et al. (2003) nach 4 tägiger Lagerung von Fleischscheiben einen Tropfsaft von 9,6 % und Hansen et al. (2006) mit der Beutelmethode nach Honikel 6,25 % bis 6,53 % Tropfsaftverluste.

Die beiden Methoden sind sowohl miteinander vergleichbar als auch brauchbar. Sie korrelieren stark ($r > 0,8$). Jedoch ist die EZ Drip Loss Methode leichter zu handhaben und standardisiert (Christensen 2003, Otto et al. 2004, Otto et al. 2006).

2.2.2.2 Verbraucheranspruch

Die Ansprüche der Verbraucher an Schweinefleisch haben sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert (Resurreccion 2004). Während in den Nachkriegsjahren noch fettes Schweinefleisch bevorzugt wurde, stieg Ende der 1950er Jahre wegen der geringer werdenden körperlichen Arbeit die Nachfrage nach magereren Teilstücken. Mit Beginn einer kalorienbewussteren Ernährung der Bevölkerung veränderte sich der Magerfleischanteil von Schweinen in den 1950er Jahren mit etwa 40 % bis 45 % bis in die 1990er Jahre auf 56 % bis 58 % (Honikel 1999a). Einen Einblick in die heutigen Verbraucheransprüche für regionale und ökologische Lebensmittel in Deutschland gibt Lüth (2003). Hermansen (2003) erstellte eine Übersicht zu Verbrauchererwartungen und -ansprüchen in verschiedenen EU Staaten an ökologisch erzeugte Lebensmittel. Eine internationale Studie über die Kaufkriterien von Schweinefleisch und den Einfluss von Informationen auf die Käufer, z. B. Schweinefleisch aus Freilandhaltung, aus ökologischer Herkunft, aus dem In- oder Ausland, Marmorierung, Tropfsaft und andere,

fürten Dransfield et al. (2005) und Grunert et al. (2004) durch. Von Lengerken und von Lengerken (2006) unterstellten, dass der „ökologische Wert“, den der Verbraucher einem Nahrungsmittel zuspricht, mit einem „ideellen Wert“ in Verbindung steht. Wichtig ist es jedoch auch, die ideellen Ansprüche der Verbraucher an die Produkteigenschaften des Fleisches nicht zu vergessen. Die Prozessqualität, wie z. B. die Art und Weise der Erzeugung auf landwirtschaftlichen Betrieben, spielt eine Rolle für den Verbraucher (Ngapo et al. 2003). Fleischqualität spiegelt also nicht nur Aspekte der Produkt- (organoleptischer Gesamteindruck, gesundheitliche Unbedenklichkeit, Nährwert), sondern auch der Prozessqualität (tiergerechte, artgemäße und umweltgerechte Haltung, hohes Tiergesundheitsniveau, Rückstandsfreiheit, schonender Tiertransport, Qualität erhaltende Schlachtung und optimale Kühlung) wider (Vaarst and Hovi 2004). Andersen (2000) gibt einen detaillierten Überblick über verschiedene Aspekte der Fleischqualität beim Schwein, wobei auch die ethische Qualität berücksichtigt wird.

2.3 Fleischerzeugung im Ökologischen Landbau

2.3.1 Grundsätze und gesetzliche Vorgaben

In der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91, im Jahr 1991 erlassen und von 1993 bis einschließlich 2008 in Kraft, waren die rechtlichen Bedingungen für die ökologische Erzeugung pflanzlicher Produkte sowie deren Etikettierung und Kontrolle niedergelegt. Die tierische Erzeugung stellt jedoch einen Bestandteil vieler ökologisch wirtschaftender Betriebe dar, der in das Betriebssystem integriert ist. Ziel ist es, den Nährstoffbedarf von Pflanzen zu decken und dem Boden organische Substanz zuzufügen. Daher wurde die oben genannte Verordnung durch die Verordnung (EG) 1804/1999 ergänzt, die die tierische Erzeugung in den Geltungsbereich mit einbezog. Diese war von 2000 bis einschließlich 2008 in Kraft und beschrieb die Mindestanforderungen an die ökologische Tierhaltung in der EU.

Inhaltlich ging die Verordnung (EG) 1804/1999 unter anderem näher auf die Haltung ein. So musste den Tieren zum Beispiel ein Auslauf zur Verfügung gestellt werden, sofern keine Ausnahmegenehmigung bestand. Ferner wurde auf Futtermittel und Zusatzstoffe, Krankheitsprävention und tierärztliche Versorgung eingegangen sowie eine Empfehlung der zu verwendenden Rassen gegeben. Die zu wählenden Rassen oder

Linien sollten anpassungsfähig an die Umwelt, vital und widerstandsfähig gegen Krankheiten sowie stresstolerant sein. Weiterhin sollten einheimische Rassen bevorzugt werden (Henning 2000, Arp und Naumann 2001).

Einen Überblick über die rechtlichen Gegebenheiten in der EU, deren Zielvorgaben und Konsequenzen sowie sich ergebende neue Möglichkeiten für Rinder, Schweine und Geflügel, nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus gehalten, geben Sundrum (2001), Hermansen (2003), von Borell and Sørensen (2004), Hermansen et al. (2004) sowie Kongsted and Hermansen (2005).

Eine weitere Übersicht über Grundsätze der ökologischen Schweinehaltung geben Weissmann et al. (2006). Kanis et al. (2005) stellten gesellschaftlich wichtige Aspekte in der Schweinezucht vor, nach denen das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere, nachhaltige und ökologische Ansätze berücksichtigt werden sollen sowie die Erwartung an ein gesundheitsförderndes oder sensorisch hochwertiges Schweinefleisch erfüllt werden soll.

Die oben genannten Verordnungen galten zur Zeit der Versuchsdurchführung. Sie wurden jedoch von der am 1. Januar 2009 in Kraft getretenen EG-Öko-Verordnung (EG) Nr. 834/2007 sowie ihrer dazugehörigen Durchführungsverordnung (EG) Nr. 889/2008 abgelöst. Wichtigste Änderung im Bereich der Haltung ist, dass ab dem Jahr 2011 Schweine haltende Biobetriebe mit Altgebäuden, die keine Ausläufe oder zu geringe Stallflächen aufweisen, die Ausnahmegenehmigung erneut beantragen müssen. Die Übergangsfrist zur Erfüllung der Mindeststall- und -außenflächen ist bis maximal Ende 2013 verlängert worden.

Hinsichtlich der geforderten Mindeststall- und -außenflächen wurde in der aktuell gültigen EG-Öko-Verordnung lediglich der Mindeststall- und -außenflächenbedarf für Mastschweine über 110 kg Lebendgewicht ergänzt.

2.3.2 Stand der ökologischen Schweineproduktion

Hermansen et al. (2002) geben einen Überblick über den Stand der ökologischen Schweinehaltung in der EU. Sie stellten heraus, dass im Vergleich zum organischen Landbau die ökologische Schweinehaltung lediglich eine untergeordnete Rolle spielt. So lag der Anteil an Ökoschweinen in den meisten EU Ländern bei 0,2 % bis 0,3 %, in Österreich jedoch schon bei 1 %. Weiterhin beschreiben die Autoren, dass es den

Ländern offen steht, die Mindestanforderungen für die ökologische Tierhaltung zu verschärfen. Ferner geben sie einen Überblick über den Stand der öko-zertifizierten Schweine 1995 und 1998. Es wird ersichtlich, dass in dieser Zeitspanne die Anzahl in Deutschland von 23.293 (Brennan et al. 2003) auf 50.000 Tiere, in Dänemark von 13.000 auf 83.000 Tiere und in Großbritannien lediglich von 6.000 auf 9.000 Tiere zunahm.

Einen sehr detaillierten Einblick über die Marktsituation, die Wirtschaftlichkeit und die Entwicklung der Bioschweinehaltung in Österreich gibt Omelko (2004) in seiner Dissertation. Der Bioschweinebestand sank von 40.200 Tieren (1998) auf 28.425 Tiere (2001), wohingegen jedoch die Anzahl vermarkteter Bioschweine von 11.000 (1999) auf 25.000 (2001) in Österreich stieg. Der Mastschweinebestand Österreichs setzte sich 2002 aus 1.581.586 konventionellen Mastschweinen und 23.033 Bioschweinen zusammen.

Kumm (2002) stellte fest, dass unter den in Schweden gegebenen Produktionsbedingungen die ökologische Schweinefleischerzeugung nicht nachhaltig ist, da Mastleistungen geringer und die Produktionskosten, die Entstehung von Stickstoff und Treibhausgasen pro Kilogramm erzeugtem Schweinefleisch verglichen mit konventioneller Schweinehaltung höher sind. Ferner ist eine größere Landfläche von Nöten, die alternativ auch zum Ackerbau genutzt werden könnte; bei Flächenverknappung würde also eine Konkurrenzsituation mit dem Ackerbau entstehen.

Einen Überblick über die jährliche Schweinefleischerzeugung in Tonnen geben die Ökomarkt-Jahrbücher der Zentralen Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (ZMP). Bis 1999 lag die Menge des jährlich erzeugten ökologischen Schweinefleisches unter 10.000 t. In den darauf folgenden Jahren konnte die Produktion bis 2002 gesteigert werden und die Menge von 15.400 t erreichen, die jedoch 2004 wieder auf 14.000 t zurückging und lediglich einen Anteil von 0,34 % an der gesamt in Deutschland erzeugten Schweinefleischmenge einnahm (ZMP 2006). Im Jahr 2006 betrug die Menge von ökologisch erzeugtem Schweinefleisch 15.200 t in Deutschland, was einen Anteil von 0,36 % an der gesamt in Deutschland erzeugten Fleischmenge ausmachte (ZMP 2007).

Auf die Stückzahlen der aus Ökohaltung stammenden Schlachtschweine bezogen, bedeutete das eine Verringerung von 131.200 im Jahr 2000 auf 112.000 Tieren im Jahr 2004. Der Anteil geschlachteter Ökoschweine an den gesamt in Deutschland

geschlachteten Mastschweinen konnte daher nur mit lediglich 0,28 % angegeben werden (ZMP 2006).

Im Jahr 2006 stiegen diese Zahlen wieder auf 180.000 Bio-Schweine, was etwa 1 % des in Deutschland gesamten Mastschweineaufkommens entsprach (Kempkens 2007, persönliche Mitteilung). Nach ZMP (2007) Angaben war 2007 etwa mit 200.000 Bio Mastschweinen zu rechnen.

Einen Ausblick auf die Entwicklung der Märkte für ökologisch erzeugtes Schweinefleisch und Erzeuger-Perspektiven geben Oppermann und Rahmann (2006). Ihrer Meinung nach wird der Markt in Deutschland für ökologisch erzeugtes Schweinefleisch trotz Wachstumstendenz in den nächsten Jahren eine Nische bleiben.

2.3.3 Einflüsse auf die Mastleistung

Die Mastleistung, charakterisiert durch die täglichen Zunahmen und den Futteraufwand je Kilogramm Zuwachs, stellt mit das wichtigste Element der Wirtschaftlichkeit der Schweinemast dar. In Gruppenhaltung und mit Raufutterzulage, wie im Ökolandbau erwünscht, ist es jedoch schwierig den Futteraufwand genau zu erfassen. Daher soll im Weiteren lediglich auf das Kriterium „tägliche Zunahmen“ detaillierter eingegangen werden. Wlcek (2002) führte Tageszunahmen von Ökoschweinen von 300 g bis 724 g auf und Omelko (2004) schätzte die durchschnittlichen Tageszunahmen österreichischer Bioschweine auf 600 g bis 700 g.

Die Rasse, das Geschlecht und die ausgewählten Futterkomponenten beeinflussen am nachhaltigsten die täglichen Zunahmen, so dass hier eine Untergliederung in diese Effekte auf die Tageszunahmen erfolgt:

2.3.3.1 Einfluss der Rasse

Krüger et al. (2001) testeten die Herkünfte Pi*sächsische F1-Sau (DL*DE), Du*sächsische F1-Sau und (Ha*Pi)*sächsische F1-Sau auf ihre Eignung für die ökologische Schweinemast. Allgemein hatten alle Herkünfte in der ökologischen Umwelt geringere Tageszunahmen verglichen mit der konventionellen Umwelt, wobei die Differenz bei der Ha*Pi Kreuzung am geringsten war. Durocs zeigten in der Öko-Umwelt etwa 800 g Tageszunahmen und in der konventionellen 880 g, Piétrain 640 g in der Öko-Umwelt sowie 790 g unter konventionellen Bedingungen. Dementsprechend lagen die Masttage bei Piétrain bei 141 Tagen, Ha*Pi bei 113 Tagen und Duroc bei

115 Tagen in der Öko-Umwelt. In einem Öko-Versuch mit (Pi*Ha)*(Du*DL) erzielten Weissmann et al. (2005b) zufrieden stellende Tageszunahmen von über 800 g. Sundrum et al. (2006) mästeten die Herkünfte Pi*(DE*DL), Du*DL, Pi*SH und reinrassige SH unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. Lediglich bei Du*DL Tieren konnten sie kompensatorisches Wachstum feststellen.

Für die Rasse Schwäbisch Hällisches Landschwein (SH) liegen insgesamt wenige Literaturquellen vor. Im Jahresbericht 2005 der Züchtervereinigung Schwäbisch Hällisches Schwein (Weber et al. 2006) sind Mastleistungsmerkmale von SH Kastraten zweier verschiedener Leistungsprüfungsanstalten und von Pi*SH Kreuzungstieren aus einer dritten Leistungsprüfungsanstalt Deutschlands unter konventionellen Bedingungen aufgeführt. Reinrassige SH erbrachten tägliche Zunahmen von 803 g bis 875 g und Pi*SH Kreuzungstiere von 837 g. Informationen über das Schwäbisch Hällische Landschwein und dessen Zucht geben Bühler und Postler (2004).

2.3.3.2 Einfluss des Geschlechts

Es ist allgemein bekannt, dass Börgе höhere tägliche Zunahmen erbringen als Sauen. Dies zeigten in ihren Versuchen auch Hamilton et al. (2003) und Olsson et al. (2003), da Kastraten fast 40 g höhere Tageszunahmen aufweisen als Sauen. In einem Klee gras-Kraftfutter Versuch von Weissmann et al. (2004) erreichten Pi*(DE*DL) Kastraten Zunahmen von 552 g pro Tag, Pi*(Du*DL) Kastraten 505 g, Pi*AS Kastraten 503 g, Du*DL Kastraten 578 g und reinrassige Duroc Kastraten 538 g. Die Sauen der jeweiligen Piétrain-Kreuzungen leisteten etwa 40 g geringere Tageszunahmen. Weissmann et al. (2005a) erzielten bei Börgen verschiedener Herkünfte rund 70 g höhere Tageszunahmen als bei den jeweiligen Sauen. Auch bei Sundrum et al. (2006) erzielten Börgе höhere Tageszunahmen als Sauen. Im Versuch von Hansen et al. (2006) nahmen Sauen bei 100 %iger Kraftfutter-Fütterung 915 g pro Tag zu, Börgе jedoch 954 g. Bei 70 % Kraftfutter und 30 % Raufutter Vorlage nahmen Sauen jedoch täglich mehr zu als Börgе.

2.3.3.3 Einfluss der Fütterung

Ziel der ökologischen Landwirtschaft ist es, weitestgehend in sich geschlossene Nährstoffkreisläufe innerhalb der Betriebe einzuhalten. Daraus folgt ein hauptsächlicher Einsatz betriebseigener Futtermittel. Prinzipiell müssen Futtermittel aus ökologischer Erzeugung stammen und ein Zukauf aus konventioneller Erzeugung ist nur bei

nachgewiesenen Engpässen in eingeschränktem Umfang möglich. Die erlaubte Menge „läuft schrittweise in einigen Jahren aus“ (Verordnung (EG) Nr. 889/2008).

Der Zukauf von Sojaextraktionsschrot ist auf Grund der Verwendung chemischer Lösungsmittel zur Ölgewinnung prinzipiell nicht erlaubt. Daher besteht eine Schwierigkeit im organischen Landbau darin, den Bedarf von Mastschweinen an essentiellen Aminosäuren zu decken, der nach Sundrum und Rübesam (2003) jedoch in engem Zusammenhang mit dem Wachstumsverlauf und den Qualitätsanforderungen an den Schlachtkörper steht. Als Alternativen zum Sojaextraktionsschrot führen die Autoren mehrere Eiweißergänzungsfuttermittel auf, wobei Sojaexpeller und Magermilchpulver nahe an die Aminosäuren-Gehalte des Sojaextraktionsschrotes kommen. Bei Mastschweinen kann die Proteinversorgung aber auch durch Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen größtenteils abgedeckt werden, wobei sich jedoch je nach Anteil in der Ration die Akzeptanz durch die Tiere verringert. Über die Problematik von Eiweißfuttermitteln und Alternativen zum Sojaextraktionsschrot geben Weissmann et al. (2006) Auskunft.

In Folge eines suboptimalen Energie-Proteinverhältnisses bzw. einer Unterversorgung an limitierenden Aminosäuren nutzen intensiv wachsende Herkünfte ihr Proteinansatzvermögen nicht (Fischer 2000). Daher ist es ebenfalls in der ökologischen Schweinemast wichtig, ein optimales Energie-Proteinverhältnis im Futter anzustreben.

Nach Sundrum et al. (2000) ist es möglich, bei hofeigenen Futtermischungen durch den Einsatz von Ackerbohnen und Kartoffelprotein gute Mastleistungen mit Tageszunahmen von etwa 890 g zu erreichen. Die Mastleistung von Schweinen, die Erbsen und Lupinen oder Ackerbohnen und Lupinen zugemischt bekamen, lag unter der ersterwähnten Zunahme. Weissmann et al. (2005b) bestätigten, dass mit einer Fütterung basierend auf hofeigenen Futtermitteln gute Mastleistungen erreichbar sind.

Millet et al. (2004), Böttcher et al. (2005) sowie Sundrum (2005) erzielten mit öko-konformen Futtermitteln Tageszunahmen über 700 g und Olsson et al. (2003) sowie Millet et al. (2005) über 800 g. Millet et al. (2006) zeigten mit verschiedenen Proteingehalten im Öko-Futter, dass der Muskelansatz mit einer hohen Proteinversorgung in der Wachstumsphase von 20 kg bis 40 kg verbesserbar ist. Da dieser Effekt nur in dieser Wachstumsphase auftrat, nahmen die Autoren an, dass danach der Proteingehalt im Futter gesenkt werden kann. Durch Vorlage des

Futtermittels mit hohem Proteingehalt wurden tägliche Zunahmen von 808 g, mit mittlerem Proteingehalt von 773 g und niedrigem von 810 g erzielt.

Ferner ist es in den Richtlinien des Öko-Landbaus vorgeschrieben, den Tieren Zugang zu Raufutter zu bieten. Dies kann einerseits über Gras, aber auch über Heu oder Silage erfolgen.

Bellof et al. (2000) stellten fest, dass durch die kombinierte Fütterung die Tageszunahmen zurück gehen, da sich der Fettansatz verringert, jedoch der Fleischansatz nicht verändert. Gareis (2003) gibt einen Überblick über die Ressortforschung für den ökologischen Landbau im Jahr 2002 und arbeitete heraus, dass sich durch Zufüttern von Grascobs die Mastintensität verringert.

Fischer (2002) erreichte mit Kraftfutter und Grascobs oder Grassilage sowie stressstabilen Herkünften Tageszunahmen von 660 g bis 710 g. In einem weiteren Versuch wurde die Auswirkung einer nährstoff- und energiereduzierten Futtervariante bei ad libitum Vorlage untersucht. Die Tiere erreichten Tageszunahmen von 783 g bis 944 g.

Weissmann (2003a) hielt und mästete Schweine auf Klee-Gras, das als Fruchtfolgeglied im Ackerbau dient. Dabei wurden jedoch nur sehr geringe Tageszunahmen erzielt. Strudsholm and Hermansen (2005) untersuchten u. a. die Mastleistung von Schweinen, die im Freiland gehalten und entweder ad libitum oder restriktiv mit Kraftfutter gefüttert wurden. Restriktiv gefütterte Tiere erreichten mit 634 g niedrigere Tageszunahmen als ad libitum gefütterte Tiere mit 737 g. Wird Schweinen Kraftfutter ad libitum angeboten, ist die Raufutteraufnahme gering und entspricht weniger als 5 % der täglichen Trockenmasseaufnahme. Dies ändert sich bei Limitierung des Kraftfutters. Wird jedoch Raufutter ad libitum angeboten, sinken die Tageszunahmen. Dies wirkt sich negativ auf den Magerfleischgehalt, den intramuskulären Fettgehalt und die Zartheit aus (Edwards 2005).

Hinsichtlich der Tageszunahmen erreichten Hansen et al. (2006) mit einer konventionellen Variante mit fast 1000 g die höchsten, gefolgt von der ökologischen Variante mit 100 % Kraftfutter mit 935 g. Mit den beiden Varianten 70 % Kraftfutter (restriktiv) und Silagen (ad libitum) nahmen die Tiere etwa 730 g pro Tag zu. Durch Raufuttervorlage verminderte Tageszunahmen zeigten bereits Danielson et al. (2000). Dahingegen zogen Millet et al. (2005) als Fazit aus ihren Mastversuchen, dass sich eine

ökologische Fütterung, verglichen mit der konventionellen, nicht deutlich auf die Mastleistung auswirkt.

Insgesamt ergibt sich, dass die Fütterung in der ökologischen Schweinemast stark heterogen sein kann, da sich nicht nur das Verhältnis Kraft- zu Grundfutter, sondern auch die Wahl möglicher Proteinträger variieren lässt. Die erwähnten Versuche verdeutlichen jedoch, dass unter ökologischen Bedingungen durch entsprechende Rassenwahl und Berücksichtigung der Proteinversorgung eine wirtschaftliche Mast möglich ist.

2.3.4 Einflüsse auf die Schlachtkörperqualität

Beim Vergleich von konventionell und ökologisch erzeugten Schweineschlachtkörpern fällt generell auf, dass konventionelle meist magerer sind als ökologische und das ökologische mit 45 % bis 65 % eine größere Variation im Magerfleischanteil zeigen als konventionelle mit 49 % bis 65 %. Peschke et al. (1994) hoben hervor, dass Schlachtkörper aus dem ökologischen Landbau mit höheren Gesamtrückenspeckdicken, dickerer Speckschicht über dem Rückenmuskel und geringerer Kotelettfläche wesentlich fetter sind. In einem Versuch von Olsson et al. (2003) zeigten konventionelle Schweine einen höheren Magerfleischanteil von 58,6 % als ökologische mit 56,4 %. Ebke und Sundrum (2005) stellten an fast der Hälfte der 4132 geschlachteten Öko-Schweine Magerfleischanteile zwischen 50 % bis 55 % fest. Lediglich 30 % der Schlachtkörper erreichten die Klassifizierung E und damit einen Magerfleischanteil größer 55 %. Beim Vergleich von Scharrel- mit konventionell gemästeten Schweinen stellten van der Wal and Mateman (1993) keine signifikanten Unterschiede in der Schlachtkörperqualität fest.

Als Einflüsse auf die Schlachtkörperqualität sind im Folgenden die Rasse, das Geschlecht und die Fütterung aufgeführt:

2.3.4.1 Einfluss der Rasse

Die Wahl der Rasse kann sowohl in der ökologischen als auch der konventionellen Umwelt die Schlachtkörperqualität entscheidend beeinflussen (Millet et al. 2004, Millet et al. 2005, Werner 2009), was auch folgende Versuche belegen:

Konventionell:

Bei einem Vergleich der Rassen Duroc und Landrasse hatten die Duroc-Nachkommen 2 cm kürzere Schlachtkörper mit geringerer Rückenspeckdicke und 4 cm² größerer Fleischfläche (Lo et al. 1992a). Dahingegen stellten Edwards et al. (2003) bei einem Vergleich der Nachkommen von Duroc und Piétrain Ebern und Yorkshire bzw. Yorkshire*Landrasse Sauen bei Duroc-Nachkommen schwerere und längere Schlachtkörper fest. Piétrain-Nachkommen zeigten geringere Rückenspeckdicken an zwei Messstellen, höhere Magerfleischanteile und eine höhere Ausschlachtung. Suzuki et al. (2003) untersuchten die Nachkommen von Berkshire und Duroc hinsichtlich ihrer Fleischqualität. Sie arbeiteten ebenfalls heraus, dass Duroc-Nachkommen weniger subkutanes sowie abdominales Fett ansetzen (etwa 0,7 cm geringere Rückenspeckdicken) und mit 39,2 cm² eine um fast 8 cm² größere Fleischfläche am Kotelettanschnitt 12./13. Rippe aufweisen. Dahingegen verweisen Ellis and McKeith (1993) darauf, dass Durocs fettere Schlachtkörper mit sich bringen können. Auch Ellis et al. (1996) zeigten, dass Schlachtkörper von Duroc-Nachkommen bedingt durch höhere Speckdicken fetter sind als die Nachkommen zweier, im europäischen Typ stehender Linien. Ferner zeigten Duroc-Nachkommen mit 790 g/kg eine höhere Ausschlachtung. Des Weiteren konnte bei Duroc-Nachkommen mit 39 cm² eine geringere Muskelfläche des M. longissimus dorsi (M.l.d.) ermittelt werden. Zum Einfluss der Rasse Duroc geben Ellis et al. (1996) einen detaillierten Literaturüberblick. Bei einem Vergleich der Nachkommen von Piétrain und Duroc Ebern fiel auf, dass die Duroc-Nachkommen ab einem Alter von 26 Wochen eine um 3,4 mm dickere Speckschicht an der 10. Rippe und um 2 mm dickere an der letzten Rippe haben. Hinsichtlich der Fleischfläche des Koteletts unterschieden sich die Herkünfte nach 26 Wochen nur geringfügig mit Werten um die 45 cm² (Edwards et al. 2003).

Gispert et al. (2007) bestätigten ebenfalls den Einfluss des Genotyps auf die Schlachtkörperzusammensetzung: In einem Vergleich von fünf Genotypen konnten die Autoren bei Piétrain (NN) die höchste Ausschlachtung mit 83,3 % und mit 81 cm die kürzesten sowie mit 60,4 % den geschätzten magersten Schlachtkörper mit einer Fleischfläche von 57,7 cm² feststellen. Meishan hatte mit 80,4 % die geringste Ausschlachtung, mit 48,4 % den geringsten geschätzten Magerfleischanteil und eine Fleischfläche von 41,4 cm². Den längsten Schlachtkörper zeigte Landrasse mit 87,5 cm. Durocs zeigten eine im Vergleich intermediär liegende Schlachtkörperqualität. Cilla et al. (2006) untersuchten drei verschiedene Duroc Linien hinsichtlich ihrer

Schlachtkörperbewertung und Fleischqualität. Bezüglich der Schlachtkörperbewertung erreichten die drei Linien eine Ausschachtung von 79 % und einen Magerfleischanteil von 44,9 %, 47,0 % und 51,4 %.

Im Jahresbericht 2005 der Züchtervereinigung Schwäbisch Hällisches Schwein (Weber et al. 2006) werden für reinrassige Schwäbisch Hällische Landschweine Rückenmuskelflächen von etwa 39,6 cm², ein Fleisch zu Fett-Verhältnis von 1 zu 0,6 und ein Magerfleischanteil von 47,8 % bis 48,7 % aufgeführt. Im Vergleich dazu zeigten die Pi*SH Kreuzungstiere im Mittel eine Rückenmuskelfläche von 53,8 cm², ein Fleisch zu Fett-Verhältnis von 1 zu 0,27 und einen Magerfleischanteil von 59,5 %.

Ökologisch:

In einem Versuch mit (Pi*Ha)*(Du*DL) fanden Weissmann et al. (2005b) heraus, dass hohe Magerfleischanteile von über 55 % und ein gutes Fleisch zu Fett-Verhältnis von höchstens 1 zu 0,4 erreichbar sind. Als praxisnahe, erreichbare Magerfleischanteile werden ebenfalls 54 % bis 56 % angegeben und auf sinnvolle Ansprüche an „Systemgrenzen“ für die Schlachtkörperqualität von Bio-Schweinen appelliert. In einem Versuch von Krüger et al. (2001) fiel im Hinblick auf die Schlachtkörperqualität allgemein auf, dass die Duroc Kreuzung bis auf das Fleischmaß nahe an den Werten der Piétrain lag. Bei dem wirtschaftlich wichtigen Merkmal Magerfleischanteil zeigten Piétrain 54,5 %, Ha*Pi 49,1 % und Duroc 52,4 %. Eine gleiche Rangierung der Rassen Piétrain, Hampshire und Duroc im Merkmal Magerfleischanteil ist auch bei Ergebnissen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2002) zu erkennen. Bei Sundrum et al. (2006) wiesen Pi*(DE*DL) Schlachtkörper einen höheren Magerfleischanteil und eine größere Fleischfläche am Kotelettanschnitt auf als Du*DL.

Allgemein verweisen Sundrum et al. (2006) darauf, dass SH Tiere beim Vergleich mit Pi*(DL*DE) und Du*DL hinsichtlich der Schlachtkörperqualität am schlechtesten abschneiden. Dies gilt auch im Hinblick auf die Fleischqualität (siehe Kap. 2.3.5). Wittmann (2003) nennt als Empfehlung für die ökologische Schweinefleischproduktion: Es sollten Anpaarungen an reinrassige Mutterlinien, wie Schwäbisch Hällisches Landschwein, Duroc oder Deutsche Landrasse (NN), und der Einsatz von Piétrain (NN) Ebern zur Erhöhung des Magerfleischanteils erfolgen. Weissmann et al. (2006) machten deutlich, dass im Hinblick auf hohe Magerfleischanteile eine Nutzung der Rassen Duroc oder Hampshire auf der Vaterseite und auf der Mutterseite DE*DL vorzuziehen ist. Er schlug auch die Nutzung eines reinrassig stressstabilen Piétrain Endstufenebers und auf

der Mutterseite Bunte Bentheimer, Angler Sattelschwein oder Schwäbisch Hällisches Schwein für die ökologische Schweinefleischproduktion vor.

2.3.4.2 Einfluss des Geschlechts

Sauen weisen im Allgemeinen höhere Magerfleischanteile und geringere Speckdicken, also insgesamt magerere Schlachtkörper auf als Börgen. Nach Volk (2003) haben Sauen eine höhere Proteinsyntheserate, wodurch höhere Magerfleischanteile entstehen.

Konventionell:

Bei einem konventionellen Vergleich der Nachkommen von Piétrain und Duroc Ebern fiel auf, dass Duroc Kastraten den höchsten Gehalt an Gesamtfettgewebe mit etwa 44 kg, gefolgt von Piétrain Börgen mit fast 40 kg, dann von Duroc Sauen mit gut 35 kg und Piétrain Sauen mit knapp 35 kg zeigten. Insgesamt setzten Börgen von Duroc Vätern mehr Fett an als Piétrain Sauen. Piétrain Börgen und Duroc Sauen lagen vom Magerfleischansatz und dem Fettgewebewachstum zwischen den vorher genannten. Bezüglich der Gesamtmagerfleischentwicklung nach 26 Wochen unterschieden sich weder kastrierte männliche noch weibliche Duroc- und Piétrain-Nachkommen mit etwa 50 kg deutlich voneinander (Edwards et al. 2003).

Bei Suzuki et al. (2003) wurde deutlich, dass Sauen mit $36,4 \text{ cm}^2$ eine ca. 3 cm^2 größere Muskelfleischfläche aufweisen als Börgen.

Hamilton et al. (2003) erfassten an Sauen eine Muskelfleischfläche von $48,6 \text{ cm}^2$ und an Börgen von $44,2 \text{ cm}^2$ sowie an Sauen deutlich geringere Rückenspeckdicken.

Ökologisch:

An Öko-Schlachtkörpern von Pi*(DE*DL) Sauen konnte mit FOM ein Magerfleischanteil von 54,8 %, bei Pi*(Du*DL) von 54,3 % und Pi*AS von 52,8 % ermittelt werden. Die jeweils dazugehörigen Kastraten erzielten etwa 4 % geringere Magerfleischanteile. Du*DL Kastraten hatten einen Magerfleischanteil von 47,5 % und reinrassige Duroc Kastraten einen um 0,7 % Punkte höheren Anteil (Weissmann et al. 2004).

Olsson et al. (2003) stellten an Sauen einen Magerfleischanteil von 58,8 % und an Börgen einen um 2,6 % Punkte niedrigeren fest. Im Versuch von Sundrum et al. (2006) waren Schlachtkörper von Sauen magerer und boten eine höhere Ausschachtung.

2.3.4.3 Einfluss der Fütterung

Wie bereits erwähnt, kann durch ein suboptimales Energie-Proteinverhältnis bzw. eine Unterversorgung an limitierenden Aminosäuren das potenzielle Proteinansatzvermögen bei Schweinen, die für die konventionelle Mast gezüchtet wurden, nicht erreicht werden. Dies hat zur Folge, dass die Schlachtkörper stärker verfetten und sich die Rückenmuskelfläche sowohl absolut als auch im Verhältnis zur darüber liegenden Fettfläche verringert (Fischer 2000). Daher stellte Fischer (2001a) heraus, dass bei der Fütterung einheimischer Eiweißträger das Aminosäurenmuster hinsichtlich des Proteinansatzes und der täglichen Zunahmen optimiert werden sollte. Wittmann (2003) empfahl ein Anpassen der Proteingehalte im Hinblick auf die Vermarktungsansprüche. Fischer (2002) war in der Lage, mit ökologischen Futtermitteln und stressstabilen Genetiken Magerfleischanteile von 58 % zu erzeugen. Sundrum et al. (2000) konnten mit hofeigenen Futtermischungen durch Beimischen von Ackerbohnen und Kartoffelprotein zufrieden stellende Schlachtkörperqualitäten mit 55,6 % Magerfleischanteil, einer Fleischfläche von 55,6 cm², einem Fleisch zu Fett-Verhältnis von 1 zu 0,33 und einer Fettfläche von 18 cm² erreichen. Sundrum et al. (2005) testeten verschiedene ökologisch erzeugte Futter (mit Ackerbohnen und Lupinen, Ackerbohnen und Rapsexpeller sowie dieses zusätzlich mit Maissilage) und eine konventionelle Kontrollvariante an Schweinen mit der Genetik Pi*(DE*DL). Sie stellten hinsichtlich der Schlachtkörperqualität bei der Ackerbohnen und Rapsexpeller Variante sowie der Kontrollvariante eine höhere Ausschachtung fest. Im Versuch von Böttcher et al. (2005) führten hofeigene Leguminosen in der Endmast insgesamt zu befriedigenden Schlachtkörperqualitäten: Die Autoren ermittelten Schlachtkörperlängen von 99,7 cm bis 101,8 cm, Rückenspeckdicken an der Messstelle Mitte von 1,89 cm bis 2,1 cm und eine Seitenspeckdicke von 2,31 cm bis 2,41 cm sowie ein Fleisch zu Fett-Verhältnis von 1 zu 0,33 bis 0,35.

Millet et al. (2004) erreichten einen Magerfleischanteil von knapp 57 % und Millet et al. (2005) von etwa 53 % (jeweils mittels CGM). Beide Autoren konnten keinen Einfluss des Proteingehaltes auf die Schlachtkörperqualität feststellen. Dahingegen wirkte sich jedoch bei Millet et al. (2006) der Proteingehalt des Futters deutlich auf den Magerfleischanteil und die Speckdicken im Schinken aus. Durch Vorlage der Futtervariante mit niedrigem Protein war der Magerfleischanteil niedriger und die Speckdicken höher als bei den anderen Varianten.

Die im ökologischen Landbau geforderte Vorlage von Raufutter kann sich auf die Ausschachtung und auf den Magerfleischgehalt auswirken wie Kuhn et al. (1997) und Edwards (2005) feststellten. Edwards (2005) führte auf, dass durch ad libitum angebotenes Raufutter der Magerfleischgehalt auf Grund sinkender Tageszunahmen zurückgeht. Dahingegen stellte Gareis (2003) durch Zufüttern von Grascobs einen 1 % bis 3 % Punkte höheren Magerfleischanteil fest. Strudsholm and Hermansen (2005) untersuchten u. a. auch die Schlachtkörperqualität von Schweinen, die im Freiland gemästet und entweder ad libitum oder restriktiv mit Kraftfutter gefüttert wurden. Restriktiv gefütterte Tiere hatten ein um fast 2 % Punkte magereren Schlachtkörper und geringere Rückenspeckdicken. In einem Versuch von Hansen et al. (2006) wurde die Auswirkung dreier verschiedener Öko-Futtermittelvarianten auf die Schlachtkörperqualität von ökologisch gehaltenen Schweinen (Duroc*Dänische Landrasse*Large White) untersucht und mit einer konventionellen Fütterungs- und Haltungsvariante verglichen. Bezüglich des Merkmals Magerfleischanteil unterschieden sich die konventionelle (60,6 % FOM) und die 100 % Kraftfutter Variante (60,4 %) nicht, jedoch dazu die beiden 70 % Kraftfutter, 30 % Raufutter Varianten mit denen ein um 1 % Punkt höherer Magerfleischanteil erreicht werden konnte.

Beim Vergleich extensiv gemästeter Schweine mit intensiv gemästeten bemerkten Kuhn et al. (1997) bei den extensiven Schweinen eine verminderte Schlachtausbeute. Sie verweisen auf mehrere Literaturstellen, die belegen, dass Schweine, die eine energieärmere Ration einhergehend mit einem höheren Gehalt an Gerüstsubstanz vorgelegt bekommen, eine geringere Schlachtausbeute vorweisen. Fischer (2001b) bestätigte bereits bei 30 % Raufutteranteil eine verringerte Mastintensität, einen bis zu 3 % Punkte höheren Magerfleischanteil auf Grund der niedrigeren Mastintensität und eine geringere Schlachtausbeute. Kuhn et al. (1997) erklärten die bei ihnen um 2,6 % Punkte geringere Schlachtausbeute der extensiv gemästeten Schweine mit einer vermehrten Darmfüllung nach dem Nüchtern. Weissmann (2003a) stellte bei der Mast auf Klee-Gras eine geringere Ausschachtung durch eine stärkere Ausbildung des Magen-Darm-Traktes fest. Wurde jedoch die Verringerung der Energiedichte des Futters nicht durch Grundfutter, sondern durch geringer verdauliches Kraftfutter erzielt, so verringerte sich die Ausschachtung nicht deutlich. Bei Bellof et al. (2000) bewirkte die kombinierte Fütterung von Du*DL Kastraten einen weniger kernigen Rückenspeck.

Millet et al. (2004) ermittelten keinen Einfluss der Futtervariante (öko oder konventionell) und der Haltungsvariante (öko oder konventionell) auf die Schlachtkörperqualität von Schweinen. Auch Millet et al. (2005) zogen das Fazit, dass sich eine ökologische Fütterung, verglichen mit konventioneller Fütterung, nicht deutlich auf die Schlachtkörperbewertung auswirkt.

2.3.5 Einflüsse auf die Fleisch- und Fettqualität

Im Folgenden wird auf die Merkmale Tropfsaft, Fettsäuren, Sensorik, Zartheit und intramuskulärer Fettgehalt eingegangen (vgl. Kap. 2.2.2.1):

Tropfsaftverluste

Der Tropfsaftverlust stellt nicht nur einen Aspekt der Fleischqualität, sondern wegen des Gewichtsverlusts auch einen wichtigen wirtschaftlichen Faktor dar. Ferner sieht Fleisch mit mangelhaftem Wasserbindungsvermögen unappetitlich aus, was wiederum die Verbraucherakzeptanz beeinflusst. Gutes Safthaltevermögen kennzeichnet qualitativ hochwertiges Schweinefleisch. Ein entscheidender Faktor hierbei ist nach Otto et al. (2005) die Genetik. Nibler (2006) arbeitete in seinem Fazit heraus, dass Duroc, Hampshire, Deutsche Landrasse und Edelschwein mit Tropfsaftverlusten unter 2 % deutlich geringere Verluste zeigten als Piétrain, wobei ausdrücklich auf den Einfluss des MHS Status dieser Tiere verwiesen wird:

2.3.5.1 Einfluss der Rasse auf die Tropfsaftverluste

Konventionell:

Piétrain, homozygot Stress resistent (NN), zeigten einen deutlich niedrigeren Tropfsaft als homozygot Stress anfällige (nn). Sutton et al. (1997) untersuchten den Einfluss der Genotypen NN, Nn und nn auf Fleischqualitätsmerkmale. Die Wasserbindekapazität des *M. longissimus lumborum* von Nn Schweinen war geringer und deutete in Verbindung mit hellerer Farbe sowie geringerer Festigkeit auf PSE Fleisch hin. Hierbei handelt es sich um ein blasses, weiches und wässriges Fleisch, dessen pH₁ Wert im Kotelett unter 5,6 und im Schinken unter 5,8 liegt. Otto et al. (2007) stellten an heterozygoten Trägern des RYR1 Gens (Fujii et al. (1991), Houde et al. (1993), Nichelmann (1994), Dorroch (2001)) eine verminderte Fleischqualität fest, vor allem einen um 43 % höheren Tropfsaftverlust als bei Stress resistenten Tieren. Bei der Kreuzung Large

White*(Landrasse*Leicoma) wurden deutlich höhere Tropfsaftverluste ermittelt als bei Large White*Landrasse und Large White*(Landrasse*Duroc) (Otto et al. 2006).

Suzuki et al. (2003) verglichen die Nachkommen von Berkshire und Duroc hinsichtlich ihrer Fleischqualität. Durocs zeigten mit 6,05 % einen um knapp 2 % Punkte höheren Tropfsaftverlust als Berkshire. In einem Versuch der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2002) konnten bei unterschiedlicher Genetik folgende Tropfsaftverluste erfasst werden (Tabelle 3):

Tabelle 3: Tropfsaftverluste in Abhängigkeit von der Vaterlinie (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002)

Vaterlinie	Tropfsaftverluste [%]
Duroc	1,2
Hampshire	1,4
Piértrain-NN	1,5
Piértrain-PP	2,4

Es wird deutlich, dass der Einsatz homozygot Stress anfälliger Tiere deutlich höhere Tropfsaftverluste mit sich bringt. Dahingegen weisen Duroc-Kreuzungen die niedrigsten Tropfsaftverluste auf.

Ökologisch:

Weissmann et al. (2006) erfassten bei Duroc und Hampshire Herkünften niedrigere Tropfsaftverluste verglichen mit Piértrain. Damit bestätigten sie die Ergebnisse aus konventioneller Haltung.

2.3.5.2 Einfluss des Geschlechts auf die Tropfsaftverluste

Nach Otto et al. (2006) übt das Geschlecht unter konventionellen Bedingungen keinen Einfluss auf den Tropfsaft aus. Dies bestätigten Millet et al. (2006) in ihrem Öko-Versuch nicht, da sie einen deutlichen Einfluss des Geschlechts feststellten. Sauen wiesen bei der mittleren und niedrigen Protein-Futtermittelvariante etwa um 3 % Punkte höhere Tropfsaftverluste auf als die entsprechenden Börgen.

2.3.5.3 Einfluss der Fütterung auf die Tropfsaftverluste

Die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2002) ermittelte in Abhängigkeit des Futters und der Vaterlinie folgende Tropfsaftverluste (Tabelle 4):

Tabelle 4: Übersicht über Tropfsaftverluste (M.l.d.) in Abhängigkeit von der Fütterung (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002)

Futter	Vater	Tropfsaftverluste [%]
Öko	Piétrain	5,9
	Hampshire*Piétrain	6,9
	Duroc	6,5
Kontrolle	Piétrain	6,0
	Hampshire*Piétrain	5,8
	Duroc	4,6

Es fällt auf, dass bei Vorlage des Öko-Futters Piétrain-Nachkommen die niedrigsten Tropfsaftverluste zeigten, wohingegen bei der Kontroll-Variante Duroc-Nachkommen die geringsten aufwiesen. Bedeutende Unterschiede hinsichtlich der Tropfsaftverluste traten jedoch nicht auf.

Kim et al. (2008) ermittelten bei einheimischen koreanischen schwarzen Schweinen, nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus gehalten, eine bessere Wasserhaltekapazität als bei konventionell gehaltenen.

Fettsäuren

Das Fettsäurenmuster bestimmt hauptsächlich die Fettqualität und damit auch die Verzehrs- sowie die Verarbeitungsqualität. Fettsäuren können einerseits als gesättigte (saturated fatty acids, SFA) oder andererseits auf Grund einer C-Doppelbindung als einfach (monounsaturated fatty acids, MUFA) sowie mehrerer C-Doppelbindungen als mehrfach ungesättigte (polyunsaturated fatty acids, PUFA) vorliegen. Gesättigte Fettsäuren sind sowohl für den Genusswert als auch für die Haltbarkeit des Fettes positiv zu bewerten, wohingegen ein hoher Anteil ungesättigter Fettsäuren u. U. einen schmierigen Speck verursacht. Ungesättigte Fettsäuren oxidieren wegen ihrer Doppelbindungen schneller und das aus ihnen gebildete Fett weist eine weichere Konsistenz, beruhend auf niedrigeren Schmelzpunkten, auf. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren sind vorwiegend für das Tier essentiell und müssen somit über das Futter in

ausreichendem Maße zugeführt werden. Nach Csapó et al. (2000) können sich gesättigte Fettsäuren positiv auf Krankheiten, die die Herzgefäße negativ beeinflussen, auswirken. Dahingegen können mehrfach ungesättigte Fettsäuren präventiv wirken.

Beim Vergleich von Scharrel- mit konventionell gemästeten Schweinen hinsichtlich Fleischqualität stellten van der Wal and Mateman (1993) lediglich einen geringeren Gehalt der Fettsäure C18:1 und einen höheren der Fettsäure 18:3 im Rückenspeck der Scharrel-Schweine fest.

Der Gehalt und die Zusammensetzung der Fettsäuren im Fleisch hängen nach Lawrence and Fowler (2002) darüber hinaus von der Genetik ab:

2.3.5.4 Einfluss der Rasse auf die Fettsäuren

Konventionell:

Wood et al. (2003) geben einen Überblick über den Einfluss der Fettsäuren auf die Fleischqualität. Sie arbeiteten genetische Effekte auf die Fleischqualität heraus. Die Autoren bemerkten, dass der *M. longissimus dorsi* und *M. psoas* reinrassiger Duroc und Berkshire eine höhere Konzentration an Neutral- und Phospholipiden enthält als der von Large White und Tamworth. Suzuki et al. (2003) stellten im Fettgewebe von Duroc-Nachkommen einen geringeren Gehalt an gesättigten und einen höheren an ungesättigten Fettsäuren fest als bei Berkshire.

Ramírez et al. (2007) konnten einen Einfluss des Genotyps Duroc auf den PUFA Gehalt des subkutanen Fettes, den SFA, MUFA und PUFA Gehalt des intramuskulären Fettes und der neutralen Lipide sowie den intramuskulären Fettgehalt des *M. longissimus dorsi* feststellen. Ferner erfassten sie eine Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht auf die SFA des intramuskulären Fettes und SFA sowie MUFA der neutralen Lipide.

Durocs zeigten einen höheren Gehalt bei den meisten gesättigten und einfach ungesättigten sowie einen geringeren Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (Ausnahme α Linolensäure C18:3) im Rückenspeck (Wood et al. 1996).

2.3.5.5 Einfluss der Fütterung auf die Fettsäuren

Das Fettsäurenmuster ist durch die im Futter enthaltenen Fettsäuren veränderbar. Schweine sind nicht in der Lage Polyenfettsäuren selbst zu synthetisieren, sondern nehmen diese über das Futter auf, um sie dann in das körpereigene Fett einzubauen (Fischer 2003). Daher gibt es seit Jahren das Bestreben, die Fettsäurenzusammensetzung im Fleisch zu verändern. Dies geschieht zum Beispiel über die Fütterung von Soja-, Erdnuss-, Lein- oder Sonnenblumenöl mit dem Zweck, den Gehalt an gesättigten Fettsäuren zu verringern und an mehrfach ungesättigten zu erhöhen. Vor allem wird ein günstiges Verhältnis von n-6 zu n-3 PUFA angestrebt. Es darf hierbei jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass Fettsäuren sich auf die technologische Qualität auswirken, indem sie die Festigkeit im Fleisch oder auch die Farbe des Fettes beeinflussen (Wood et al. 2003). Einen generellen Überblick über „die Fleischqualität beim Schwein und ihre Beeinflussung durch die Fütterung“ gibt die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG 2004).

Einen Überblick über den Einfluss des Fütterungsregimes (restriktiv oder ad libitum) in konventioneller Umwelt auf die Deposition der, aus dem Futter stammenden Fettsäuren und die de novo Synthese bei Schweinen von 25 kg bis 65 kg geben Kloareg et al. (2005) sowie von Schweinen zwischen 90 kg bis 150 kg Kloareg et al. (2007).

Das breite Spektrum unterschiedlicher Fütterungsvarianten im ökologischen Landbau bedingt deutliche Schwankungen in Schlachtkörper- und Fleischqualität. Bei Schweinen, die Zugang zu einer Grasweide hatten, traten höhere Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und Vitamin E im Muskel auf (Edwards 2005). Högberg et al. (2004) konnten lediglich im Muskel von Ebern aus Freilandhaltung einen höheren Gehalt an C18:3 in Neutralfetten ermitteln. Die Autoren verweisen auf den Einfluss des Grases auf das Fettsäurenmuster, da Gras viel C18:3 enthält. Die Freilandhaltung begünstigte die Gehalte von n-3 PUFA im Muskel von Ebern, jedoch nicht von Börgen und Sauen. Sie stellten einen höheren Gehalt an C18:2 n-6 in den Neutralfetten des Muskelgewebes von Sauen im Freiland verglichen mit Sauen in der Stallhaltung fest. Auch Muriel et al. (2002) erfassten eine Erhöhung der n-3 Fettsäuren bei Freilandschweinen, bzw. Fischer (2002) durch die Fütterung von Grascobs oder Grassilage. Da sich durch die Zulage von 30 % Grascobs die Mastintensität verringerte, hatte dies eine Veränderung des Fettsäurenmusters im Rückenfett zur Folge.

Bei Hansen et al. (2001) unterschied sich einzig das Fettsäurenmuster. Das Fleisch der Tiere mit 100 % ökologischem Futter hatte einen um 2 % Punkte erhöhten Gehalt an

mehrfach ungesättigten Fettsäuren als Fleisch aus der 100 % konventionellen Fütterungsvariante, Tiere mit restriktiver ökologischer Fütterung und ad libitum Raufutter sogar einen um 4 % Punkte erhöhten Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren verglichen mit konventioneller Fütterung. Gareis (2003) stellte durch Zufüttern von Grascobs eine signifikante Erhöhung der Polyensäuregehalte fest, bemerkte aber, dass dies praktisch unbedeutend ist.

Im Merkmal Fettsäuren (Rückenspeck) zeigten Schweine, die entweder konventionell oder ökologisch mit 100 % Kraftfutter gefüttert wurden, höhere Gehalte an gesättigten Fettsäuren als die Kraftfutter-Silage Varianten. Im Merkmal einfach ungesättigte Fettsäuren zeigten die Raufuttervarianten die niedrigsten Anteile mit etwa 40 % sowie bei den mehrfach ungesättigten Fettsäuren zeigten die Raufuttervarianten mit etwa 18 % die höchsten Anteile. Dies soll einerseits bedingt durch den hohen Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den Silagen sein und andererseits im Zusammenhang mit den Magerfleischanteilen stehen. Die höheren Gehalte an mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den Schlachtkörpern der restriktiv gefütterten Schweine wurden nicht als positiv bewertet, da die Autoren die Gefahr von geringerer Oxidationsstabilität sahen (Hansen et al. 2006). Kim et al. (2008) stellten bei ökologisch erzeugtem Fleisch geringere Gehalte an gesättigten Fettsäuren und einfach ungesättigten sowie höhere an mehrfach ungesättigten Fettsäuren sowie n-3 und n-6 PUFA im M.l.d. fest als bei konventionell erzeugtem Fleisch. Sundrum et al. (2006) stellten in ihrem Öko-Versuch fest, dass der IMF Gehalt des M.l.d negativ mit dem PUFA Gehalt korreliert ist.

Fischer (2001b) kam zu dem Schluss, dass die Fütterungsvorgaben des ökologischen Landbaus weder allein schon eine bessere Produktqualität bedingen, noch diese verschlechtern.

Genussqualität

Zur Genussqualität, einem Merkmal, welches sich aus subjektiven sensorischen als auch objektiv messbaren Kriterien zusammensetzt, zählen unter anderen die Zartheit und der intramuskuläre Fettgehalt (IMF). Auf diese und deren Einflussfaktoren wird im Folgenden eingegangen:

Sensorik

Die sensorische Analyse und deren Merkmale im Hinblick auf den Verbraucher beschreibt Honikel (2003). Sensorische Eigenschaften stellen ganz wesentliche

Qualitätskriterien des Fleisches dar, da sie beim Verzehr bewusst oder unbewusst wahrgenommen werden. Sensorische Analysen bei Fleisch dienen, im Gegensatz zu abstrakten, physikalisch messbaren und definierten Merkmalen dazu, dem Menschen den Genusswert im Sinne von Saftigkeit, Zartheit, Aroma und Geschmack näher zu bringen und damit besser erfassbar zu machen.

Bezüglich der sensorischen Qualität werden nach Honikel (1998) ökologischen Lebensmitteln gerne bessere Eigenschaften nachgesagt, was jedoch von ausgebildeten Testern kaum bestätigt wurde; lediglich bei ökologisch erzeugtem Fleisch räumte er wegen der Marmorierung, bedingt durch Rasse, langsames Wachstum und verändertes Fettsäurenmuster, die Möglichkeit einer besseren Beurteilung ein. Jedoch kann durch Eintreten der Geschlechtsreife, bedingt durch ein späteres Schlachtagter als bei konventionell gemästeten Schweinen und damit einhergehender „Quervernetzung des Bindegewebes“ das Fleisch zäh werden. Honikel (1998) stellte aber keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen konventionellem und ökologischem Fleisch fest. Gleiches galt für ernährungsphysiologische Merkmale. Als Fazit sagte er, dass sich konventionelle und ökologische Haltung in den Qualitätsmerkmalen der Rohprodukte kaum unterscheiden, da grundlegende Unterschiede eher in der Prozessqualität bestehen, die sich auf die Umwelt und artgerechte Haltung beziehen. Jonsäll et al. (2002) untersuchten den Einfluss des Genotyps von Hampshire-Kreuzungen und des Haltungssystems (ökologisch und konventionell) auf die Sensorik und das Nachfrageverhalten. Das Fleisch aus ökologischer Haltung wurde als weniger saftig und krümeliger im Mund bewertet. Auf Fremdgeruch, Porosität, Zartheit, Säure, fleischtypischen Geschmack und Fremdgeschmack zeigte das Haltungssystem jedoch keinen Einfluss. Hinsichtlich der Verbraucherpräferenzen bevorzugten 52,4 % Schweinefleisch aus ökologischer Haltung. Das Haltungssystem beeinflusste hier jedoch nicht das Kaufverhalten.

Bei einem sensorischen Vergleich, von Testpersonen an konventionell und ökologisch erzeugtem Schweinefleisch durchgeführt, schnitt das ökologisch erzeugte Fleisch im Kriterium Aroma um 0,8 Punkte besser ab. Das ökologisch erzeugte Schweinefleisch konnte hinsichtlich des Aromas einen Mittelwert von 3,8, der Saftigkeit von 4,0 und des Aromas von 4,6 erreichen (Peschke et al. 1994).

Van Oeckel et al. (1999) untersuchten die Zartheit des Fleisches dreier Schweineherkünfte aus konventioneller Haltung. Die Autoren arbeiteten heraus, dass u. a. die Rasse oder der Schlachtvorgang Einfluss auf die Zartheitswerte haben können.

Sensorische Merkmale sind stark rasseabhängig und Zartheit sowie Saftigkeit gehen einher mit intramuskulärem Fett (Fjelkner-Modig and Persson 1986). D'Souza and Mullan (2002) verweisen darauf, dass die Verzehrsqualität abhängig von komplexen Interaktionen zwischen Genotyp und Geschlecht ist:

2.3.5.6 Einfluss der Rasse auf die Sensorik

Konventionell:

Nach Jeremiah et al. (1999) zeigt die Rasse einen deutlichen Einfluss auf die Fleischqualität und Schmackhaftigkeit. Hampshire zeigten in diesem Versuch das Fleisch mit der besten Qualität, gefolgt von Duroc, und Yorkshire Fleisch mit geringerer Qualität. Suzuki et al. (1991) führten mit Studenten einen Sensorik-Test durch und ermittelten, dass reinrassige Meishan und Ming, die höhere IMF Werte haben als Landrasse*Duroc, besser bewertet werden als die Kontrollgruppe Landrasse*Duroc. Nach Karlsson et al. (1999) können Schweine fetteren Typs in Sensorik-Tests eine bessere Bewertung der Zartheit erreichen. Fernandez et al. (1999a) stellten in einem Sensorik-Test fest, dass hohe IMF Gehalte die Zartheit und den Geschmack bei Fleisch von Duroc*Landrasse Kreuzungen positiv beeinflussen können und dass bei einem IMF Gehalt von $> 2,5 \%$ bei Tia Meslan*Landrasse Kreuzungen die Saftigkeit und Geschmacksintensität deutlich steigen. Cilla et al. (2006) verglichen drei verschiedene Duroc-Linien hinsichtlich ihrer Fleischqualität. Im Sensorik-Test durch ein Test-Panel erreichte die Duroc-Genetik die höchste Akzeptanz, die auch den höchsten IMF aufwies. Bei einem Verbrauchertest bestätigte sich das Urteil des geschulten Test-Panels jedoch nicht.

Bei Duroc-Nachkommen wurde im Sensorik-Test saftigeres Fleisch mit einer insgesamt höheren Akzeptanz ermittelt, verglichen mit zwei anderen Linien, die im europäischen Typ standen und sich im Sensorik-Test kaum voneinander unterschieden (Ellis et al. 1996). Den Einfluss der Rasse (Duroc versus Large White) auf die Zartheit und weitere Merkmale der Verzehrsqualität untersuchten auch Wood et al. (1996). Das Test-Panel stellte fest, dass sich die Rassen im Merkmal Zartheit nicht deutlich unterscheiden. Es bewertete jedoch das Aroma und den Gesamteindruck insgesamt bei Duroc besser und die Zartheit/Zähigkeit wurde sowohl durch die Testpersonen als auch die maschinelle Vorrichtung tendenziell besser bewertet. Bei einem Vergleich der Nachkommen von Duroc und Landrasse stellten Lo et al. (1992a) keine deutlichen Unterschiede zwischen den Nachkommen in dem Merkmal Verzehrsqualität fest.

Ellis and McKeith (1993) berichteten über einen von der „Meat and Livestock Commission“ 1991 in Großbritannien durchgeführten Versuch, in dem Fleisch von etwa 1000 Schweinen mit einem Duroc-Anteil von 0 %, 25 %, 50 % oder 75% von einem geschulten Sensorik-Panel verkostet wurde. Bei Frischfleisch konnte das Panel deutlich zarteres Fleisch bei Tieren mit über 50 % Duroc-Anteil gegenüber den Gruppen mit 0 % und 25 % Duroc-Anteilen feststellen. Weiterhin zeigten Tiere mit 75 % Duroc Anteil saftigeres Fleisch als Tiere ohne Duroc-Anteil. Bei geräuchertem Schinkenspeck schnitten Schweine mit 75 % Duroc-Anteil deutlich besser in der Zartheit und in der Saftigkeit ab als Tiere ohne Duroc-Genetik. In einer Studie von Channon et al. (2004) an Schweinen mit verschiedenen Duroc-Anteilen wurde lediglich im Merkmal Saftigkeit das Fleisch von 100 % Duroc-Sauen besser bewertet. Eine Ursache kann im höheren intramuskulären Fettgehalt liegen. Nach Volk (2003) zeigten konventionelle Duroc-Schweine in allen Merkmalen der Fleischqualität eine Überlegenheit gegenüber den reinen Rassen Deutsche Landrasse (DL), Piétrain (Pi), Hampshire (Ha) sowie den Kreuzungen DL*Du, Pi*(DL*Du) und (Pi*Ha)*(DL*Du).

Ökologisch:

Im Sensorik-Test von Krüger et al. (2001) schnitten die Duroc-Nachkommen am besten ab, gefolgt von Ha*Pi und schließlich Pi. Das Fleisch der Durocs fiel besonders positiv bei Saftigkeit und Zartheit auf, die Ha*Pi Tiere bei Aroma. Die Ergebnisse dieses Versuches weisen darauf hin, dass für eine ökologische Schweinemast Duroc*sächsische F1 eher geeignet sind als Piétrain oder Pi*Ha. Nach Edwards (2005) ist dies darauf zurück zu führen, dass durch das Einkreuzen der Rasse Duroc höhere intramuskuläre Fettgehalte und damit zarteres Fleisch zu erwarten sind. Dahingegen arbeiteten Weissmann et al. (2006) heraus, dass Duroc und Hampshire Genetiken den höheren intramuskulären Fettgehalt, einhergehend mit einer besseren sensorischen Bewertung, erreichen, wenn sie mit Piétrain Genetiken verglichen werden. Bei einem Sensorik-Test mit den Herkünften Pi*(DE*DL), Pi*(Du*DL), Pi*AS, Du*DL und Duroc fanden Weissmann et al. (2004) trotz erheblicher Unterschiede im intramuskulären Fettgehalt keine sensorischen Unterschiede zwischen den Rassen.

2.3.5.7 Einfluss des Geschlechts auf die Sensorik

Konventionell:

Ellis et al. (1996) und Jeremiah et al. (1999) konnten hinsichtlich der Verzehrsqualität keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern feststellen. Auch in der Studie von Channon et al. (2004) differierten die weiblichen Tiere mit verschiedenen Duroc Anteilen sensorisch nicht deutlich voneinander. Lediglich im Merkmal Saftigkeit wurde das Fleisch von 100 % Duroc Sauen besser bewertet.

Bei Jonsäll et al. (2002) zeigte das Geschlecht jedoch einen deutlichen Einfluss, da Proben von Kotelettsträngen von Sauen als saftiger und seltener mit Fremdgeschmack bewertet wurden als die von Kastraten.

2.3.5.8 Einfluss der Fütterung auf die Sensorik

Nach Wood et al. (1996) übt das Fütterungsniveau unter konventionellen Bedingungen keinen nachweisbaren Einfluss auf die Sensorik aus. In Abhängigkeit von der Fütterung und der Vater-Rasse konnten in der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2002) folgende sensorischen Ergebnisse ermittelt werden (Tabelle 5):

Tabelle 5: Übersicht über sensorisch erfasste Eigenschaften des Fleisches (Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 2002)

Futter	Vater	Saftigkeit [Punkte]	Zartheit [Punkte]	Aroma [Punkte]	Gesamteindruck [Punkte]
Öko	Pi	3,5	3,5	3,6	3,6
	Ha*Pi	3,9	4,1	3,8	3,9
	Du	4,1	4,3	3,7	3,9
Kontrolle	Pi	3,8	3,7	3,6	3,6
	Ha*Pi	4,3	4,2	3,9	4,0
	Du	3,7	3,9	3,7	3,8

Pi: Piétrain, **Ha*Pi:** Hampshire*Piétrain, **Du:** Duroc

Hinsichtlich des Gesamteindrucks traten keine deutlichen Unterschiede zwischen den Fütterungsvarianten auf. In Versuchen von Fischer (2001b) und Fischer (2002) wurde einerseits 100 % Öko-Kraftfutter vorgelegt und andererseits der Kraftfutteranteil verringert sowie der Raufutteranteil erhöht. Die Fütterungsvarianten wirkten sich weder auf die gemessenen Fleischqualitätskriterien noch auf die Sensorik aus, jedoch war in Verbindung mit den leicht niedrigeren IMF Gehalten bedingt durch die Vorlage von

Grascobs eine tendenziell schlechtere Sensorik-Bewertung festzustellen. Auch Bellof et al. (2000), Fischer (2000), Hansen et al. (2001) und Krüger et al. (2001) konnten durch die Variation Kraftfutter zu Raufutter unter ökologischen Bedingungen keine deutlichen Einflüsse auf die Fleisch- und Genussqualität feststellen. Gareis (2003) stellt in einer Übersicht Forschungsarbeiten zur ökologischen Fleischerzeugung dar und arbeitete heraus, dass in Fütterungsversuchen mit Kraftfuttermitteln mit und ohne Zusatz von Raufutter keine Veränderung der sensorischen Merkmale zu beobachten ist. Millet et al. (2005) zogen das Fazit, dass sich eine ökologische Fütterung nicht deutlich auf die Fleischqualität verglichen mit der konventionellen Fütterung auswirkt.

Dahingegen konnten Danielson et al. (2000) wie Hansen et al. (2006) bei, mit Raufutter gefütterten Schweinen eine verminderte Zartheit feststellen. Daher gaben Hermansen et al. (2002) nur begrenzte Einsatzmöglichkeiten von Raufuttermitteln zu bedenken.

Im Sensorik-Test von Hansen et al. (2006) fiel besonders bei den Silagevarianten ein weniger zartes Fleisch auf. Eine Begründung dafür ist, dass die restriktive Fütterung mit geringeren Tageszunahmen einhergeht, die wiederum ein langsames Muskelwachstum, einen langsameren Proteinumsatz und demzufolge ein niedrigeres proteolytisches Potenzial im Muskel verursachen. Als Fazit zogen die Autoren, dass sich die Fütterungssysteme im Hinblick auf eine Erzeugung von qualitativ hochwertigem Fleisch im ökologischen Landbau verbessern sollten.

In Untersuchungen von Kim et al. (2008) traten keine nachweisbaren sensorischen Unterschiede zwischen ökologischem und konventionellem Schweinefleisch auf.

Zartheit

Eine Möglichkeit, die Zartheit objektiv zu messen, besteht in der Verwendung des Messinstruments nach N. Wolodkewitsch. Werhahn (1965) stellte dieses vor und überprüfte dessen Messgenauigkeit mit sensorischen Tests. Bei viermaliger Messwiederholung wurde eine Genauigkeit von über 84 % für das Merkmal Zartheit erreicht. Er stellte weiterhin fest, dass das Quetschen der Fleischprobe mit einer Quetschleiste in enger Beziehung zu dem Zerkleinern durch Kauen steht. Ferner zeigte sich, dass die Zartheit am besten zu ermitteln ist, wenn der Maximaldruck mit Quetschleisten, die quer zur Faser angeordnet sind, gemessen wird. Hier bestand die engste Beziehung zwischen dem Merkmal Maximaldruck mit quer angeordneter Quetschleisten und sensorischer Prüfung.

Zartheitsunterschiede können durch den Kontraktionsstatus der Muskelfasern, das Vorhandensein von Bindegewebe oder den Gehalt an intramuskulärem Fett beeinflusst werden. Auch die Lokalisation des Muskels beeinflusst die Zartheit, da Muskeln, die zur Bewegung beitragen, eine geringere Zartheit aufweisen als stützende (Ellis and McKeith 1993). Sie führten weiterhin auf, dass die Sarcomerlänge, der End pH-Wert und der Kochverlust mit der Zartheit korrelieren. Je länger die Sarcomere und je höher der intramuskuläre Fettgehalt, desto zarter ist das Fleisch. Dahingegen wird das Fleisch nach dem Garen umso fester, je höher der End pH-Wert ist (Ellis and McKeith 1993).

2.3.5.9 Einfluss der Rasse auf die Zartheit

Konventionell:

Bei einem Vergleich der Nachkommen von Duroc und Piétrain Ebern und Yorkshire bzw. Yorkshire*Landrasse Sauen traten keine deutlichen Unterschiede in der mittels Warner-Bratzler gemessenen Scherkraft auf (Edwards et al. 2003). Auch Lo et al. (1992a) stellten bei einem Vergleich der Nachkommen von Duroc und Landrasse keine deutlichen Unterschiede zwischen den Rassen im Merkmal Scherkraft fest. Ebenfalls den Einfluss der Rasse (Duroc versus Large White) u. a. auf die Zartheit untersuchten Wood et al. (1996). Die Autoren stellten fest, dass sich die Rassen im Merkmal Zartheit, gemessen mit einem Stevens CR Analyser mit einer Leiste nach Wolodkewitsch, nicht deutlich unterscheiden.

2.3.5.10 Einfluss des Geschlechts auf die Zartheit

Konventionell:

Hinsichtlich des Geschlechts ermittelten Channon et al. (2004) bei Duroc Ebern eine höhere Scherkraft nach Warner Bratzler als bei Duroc Sauen. Bei der 50 % Duroc Genetik lag die Scherkraft bei Sauen bei 40 N und bei Kastraten bei 48,6 N. Dahingegen stellten Beattie et al. (1999) in ihrem Versuch fest, dass Sauenfleisch eine höhere Scherkraft nach Instron aufweist als das Fleisch von Ebern.

2.3.5.11 Einfluss der Fütterung auf die Zartheit

In Untersuchungen von Kim et al. (2008) zeigte sich mittels Warner-Bratzler, dass Schweinefleisch aus ökologischer Erzeugung zarter ist als konventionell erzeugtes. Dem widersprechen Ergebnisse von Enfält et al. (1997) und Olsson et al. (2003). Erklärungen für eine geringere Zartheit des ökologischen Fleisches können nach

Olsson et al. (2003) niedrigere IMF Gehalte, eine geringere Wachstumsrate mit niedrigerer Proteolyse im Muskel oder unterschiedliche Collagengehalte sein.

Intramuskulärer Fettgehalt

Im Rahmen der Fleischqualitätsmerkmale wird besonders dem Gehalt des intramuskulären Fettes hinsichtlich Genussqualität eine Bedeutung zugemessen. Der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) wird u. a. nach Affentranger et al. (1996) als Geschmacksträger definiert und stellt nach Abel et al. (2007) ein weit verbreitetes Kriterium der Produktqualität dar.

Fernandez et al. (1999a) machten darauf aufmerksam, dass mit steigendem IMF Gehalt auch das für den Verbraucher sichtbare Fett zunimmt, was zu einer geringeren Kaufbereitschaft führen kann. Sie untersuchten den Einfluss des intramuskulären Fettgehaltes der Kreuzung Duroc*Landrasse auf die Verbraucherakzeptanz. Bei der Kaufbereitschaft für Kotelett wirkte sich ein hoher intramuskulärer Fettgehalt negativ aus, was sich jedoch nach Verköstigung veränderte, da sich eine Präferenz für Kotelett mit 2,5 % bis 3,5 % abzeichnete. Dies konnten auch Fernandez et al. (1999b) bei der Kaufbereitschaft und Verköstigung des *M. longissimus lumborum* feststellen. Hinsichtlich der Kaufbereitschaft für Schinken war kein Einfluss des IMF Gehaltes festzustellen, wobei nach Verköstigung jedoch die Tendenz zu einem niedrigeren intramuskulären Fettgehalt ging. Bezüglich verschiedener intramuskulärer Fettgehalte im Kotelett waren die Verbraucher bei Fernandez et al. (1999b) indifferent, bevorzugten jedoch nach Verköstigung Koteletts mit einem intramuskulären Fettgehalt bis 3,25 %. Anhand dieser Studien wird deutlich, dass sich das Konsumverhalten vor Kauf und nach Verköstigung hinsichtlich des intramuskulären Fettgehaltes ändern kann und je nach wertvollem Teilstück unterschiedliche Präferenzen bestehen.

Nach Honikel (1999b) enthält mageres Fleisch 1 % bis 2 % Fett, wobei der Gesamtfettgehalt (inter- und intramuskulär) je nach Marmorierung und Teilstück bis zu 29 % (z. B. Bauch nach dicker Rippe) erreicht. Depotfette (z. B. Rückenspeck) und intramuskuläres Fett unterscheiden sich in der Summe der ungesättigten und der gesättigten Fettsäuren. Depotfette weisen höhere Anteile gesättigter und intramuskuläres Fett höhere an ungesättigten Fettsäuren auf. In der Schweinezucht wird seit Jahren auf den wertbestimmenden Magerfleischanteil (MFA) selektiert, da der Magerfleischanteil im Schlachtkörper den Wert bestimmt und die Fleischqualität bisher

nicht berücksichtigt wird. Jedoch besteht ein Merkmalsantagonismus zwischen MFA und IMF (Kallweit et al. 1993, Köhler et al. 1999, Baulain et al. 2000, Kolstad 2001, Fernández et al. 2003, Hansen et al. 2006). Daher weist nach von Lengerken et al. (1998) das Schweinefleisch moderner Gebrauchskreuzungen lediglich einen IMF < 1,5 % auf.

Der intramuskuläre Fettgehalt stellt auf Grund der deutlichen Beziehung zu sowohl den sensorischen Merkmalen Zartheit, Saftigkeit und Geschmack als auch zu technologischen Eigenschaften ein wichtiges Qualitätsmerkmal dar (Kallweit und Baulain 1995, Fischer 2001a). Allgemein ist es von Interesse, einen IMF von mindestens 2 % anzustreben (Bejerholm and Barton-Gade 1986, Kallweit und Baulain 1995, von Lengerken et al. 1998). Nach Wood (1985) sowie Enser and Wood (1991) wirkt sich ein IMF Gehalt unter 2,5 % bereits negativ auf die Sensorik aus (zitiert nach Villé et al. 1997). Nach Kirchheim et al. (1997) korreliert erst ein IMF Gehalt über 2,5 % mit sensorischen Eigenschaften. Fischer (2003) befürwortete einen IMF Gehalt von 2,5 %, um Aroma, Zartheit und Saftigkeit zu verbessern. Eikelenboom et al. (1996) konnten in ihrem Versuch jedoch keinen Schwellenwert für IMF finden, der eine akzeptable Verzehrsqualität kennzeichnet. Sundrum et al. (2006) stellten heraus, dass Verbraucher sehr unterschiedlich auf IMF-Gehalte hinsichtlich Gesamtakzeptanz des Fleisches reagieren. Fortin et al. (2005) stellten bei einem IMF Gehalt über 1,5 % keine positiven Veränderungen in der Bewertung für Zartheit durch ein Sensorik-Test-Panel fest. Auch Weissmann et al. (2006) bestätigten in einem Sensorik-Test mit ökologisch erzeugtem Fleisch nicht, dass ein IMF von über 2 % bzw. 2,5 % einen positiven Einfluss auf die Sensorik ausübt.

Die Heritabilität des IMF Gehaltes wurde von Lo et al. (1992b) auf 0,52 geschätzt und darauf verwiesen, dass durch Berücksichtigung des IMF Gehaltes bei der Selektion die Genussqualität verbesserbar ist. Einen Einfluss des IMF Gehaltes auf sensorische Parameter fand Kratz (2003) nicht. Er empfiehlt, die Höhe des intramuskulären Fettgehalts „für den Genusswert kritisch zu hinterfragen“.

Einen Überblick über Einflussfaktoren auf die Fettgewebeausbildung und somit auch auf den intramuskulären Fettgehalt gibt Ruten (1998). Als Einflussfaktoren wurden z. B. die Rasse, das Geschlecht, Alter und Gewicht, der Grad der Verfettung des Schlachtkörpers oder das Futter (vgl. Hansen et al. 2006,

Kongsted and Hermansen 2005) genannt. Sundrum et al. (2006) verweisen darauf, dass der Einfluss der Fütterung auf den IMF Gehalt bedeutender ist als der des Genotyps:

2.3.5.12 Einfluss der Rasse auf den intramuskulären Fettgehalt

Konventionell:

Allgemein sind Durocs bekannt für ihren hohen Gehalt an intramuskulärem Fett (Wood and Cameron 1994). Suzuki et al. (2005) konnten an Fleisch von Duroc Schweinen einen mittleren intramuskulären Fettgehalt von 4,25 % ermitteln. In einer Studie von Suzuki et al. (2003) wurden die Nachkommen von Berkshire und Duroc hinsichtlich ihrer Fleischqualität untersucht. Duroc-Nachkommen zeigten mit 4,25 % einen um 1,07 % Punkte höheren intramuskulären Fettgehalt. Cilla et al. (2006) verglichen drei verschiedene Duroc Linien hinsichtlich ihrer Schlachtkörperbewertung und Fleischqualität. Im Merkmal IMF unterschieden sich die drei Duroc Genetiken, da eine Linie einen IMF von 2,7 % im Longissimus thoracis erreichte, wohingegen bei den beiden anderen ein IMF von 2,3 % und 2,4 % gemessen wurde. Ellis et al. (1996) stellten eine stärker sichtbare Marmorierung im Fleisch von Duroc-Nachkommen fest, verglichen mit Nachkommen zweier im europäischen Typ stehender Linien mit und ohne Piétrain Einfluss. Bei einem Vergleich der Rasse Duroc und Landrasse konnte an Schlachtkörpern der Duroc-Nachkommen ein um 1,9 % Punkte höherer intramuskulärer Fettgehalt von 5 % ermittelt werden (Lo et al. 1992a). Fernandez et al. (1999a) erfassten die IMF Gehalte von Duroc*Landrasse Kastraten mit < 1,5 % bis > 3,5 % sowie Tia Meslan*Landrasse von 1,25 % bis 3,25 %. Bei einem Vergleich der Nachkommen von Duroc- und Piétrainebern und Yorkshire- bzw. Yorkshire*Landrassesauen wurde die Marmorierung bei Duroc-Nachkommen besser bewertet (Edwards et al. 2003). Im M. longissimus dorsi konnten intramuskuläre Fettgehalte von 0,7 % (0 % Du), 0,86 % (25 % Du), 1,08 % (50 % Du) und 1,27 % (75 % Du) ermittelt werden (Ellis and McKeith 1993). Čandek-Potokar et al. (2002) stellten an Duroc-Kreuzungen (25 % und 50 % Duroc Anteil) höhere intramuskuläre Fettgehalte, eine bessere Marmorierung und einen höheren Gehalt an intermuskulärem Fett fest als bei Landrasse und Landrasse*Large White.

Einen Überblick über intramuskuläre Fettgehalte des M. longissimus dorsi deutscher Rassen aus konventioneller Haltung, verschiedener Basislinien des Bundeshybridzuchtprogrammes (BHZP) und Kreuzungsprogrammen eines Warentests geben Kallweit und Baulain (1995). Dort fielen mit einem niedrigen IMF Gehalt von

0,64 % die Herkunft Piétrain auf und mit einem hohen IMF Gehalt Schwäbisch Hällische Schweine (1,6 %) sowie Leicoma (1,62 %). Baulain et al. (2000) stellten in einem weiteren Versuch mit Angler Sattelschweinen, Bunten Bentheimern, Schwäbisch Hällischen Schweinen, deren Kreuzung mit Piétrain, Piétrain in Reinzucht sowie Duroc*Deutsche Landrasse und Deutsches Edelschwein*Deutsche Landrasse fest, dass Schwäbisch Hällische Schweine, Du*DL und AS die höchsten intramuskulären Fettgehalte und Piétrain die niedrigsten aufweisen, wobei die gemessenen IMF-Werte bei allen Herkünften jedoch als niedrig beurteilt wurden.

Ökologisch:

Weissmann et al. (2004), Edwards (2005), Weissmann et al. (2006) sowie Laister and Konrad (2005) verweisen darauf, dass durch den Einsatz von Duroc höhere intramuskuläre Fettgehalte erzielt werden können (Tabelle 6).

Tabelle 6: IMF Gehalte [%] in Abhängigkeit von der Genetik

Autor	Produktionsart	Genetik	IMF [%]	Mast-ende [kg]
Laister and Konrad (2005)	Freiland, Öko	österreichische LW	2,0	123
		österreichische Hybriden	1,5	116
		Landrasse*Duroc	2,3	134
Weissmann et al. (2006)	Freiland, Öko	Pi*Du*GLR	1,36	113
		Pi*AS	1,58	
		Du	3,49	
		Du*GLR	3,57	

LW: Large White, **Pi*Du*GLR**: Piétrain*Duroc*German Landrace, **Du*GLR**: Duroc* German Landrace

Dies stellten Sundrum et al. (2006) ebenfalls fest, da Du*DL Tiere höhere IMF Gehalte im M.l.d. zeigten als Pi*(DL*DE).

2.3.5.13 Einfluss des Geschlechts auf den intramuskulären Fettgehalt

Konventionell:

Sauen sind insgesamt magerer und haben weniger intra- und intermuskuläres Fett (Čandek-Potokar et al. 2002). In einem Versuch von Schwerdtfeger (1992) zeigten Sauen signifikant niedrigere IMF Werte als Kastraten. Suzuki et al. (2003) fiel ebenfalls auf, dass Sauen mit 3,4 % einen fast 1 % Punkt niedrigeren IMF Gehalt haben.

Demgegenüber vermerkten Beattie et al. (1999), dass Sauen nicht nur mehr subkutanes Fett, sondern auch einen höheren intramuskulären Fettgehalt aufweisen als Eber. Hinsichtlich des Geschlechts konnte bei Duroc Ebern ein geringerer intramuskulärer Fettgehalt ermittelt werden als bei Sauen (Channon et al. 2004). Dahingegen ermittelten Villé et al. (1997) und Högberg et al. (2004) keinen Einfluss des Geschlechts im Merkmal intramuskuläres Fett.

Ökologisch:

In einem Versuch von Weissmann et al. (2004) zeigten die Piétrain-Kreuzungssauen niedrigere intramuskuläre Fettgehalte als die entsprechenden Kastraten (Tabelle 7). In einem Versuch von Hansen et al. (2006) wurde bei Sauen mit 1,3 % ein deutlich niedrigerer IMF Gehalt als bei Börgen mit 1,5 % festgestellt. Sundrum et al. (2006) ermittelten ebenfalls bei Sauen niedrigere IMF Gehalte als bei Börgen.

Tabelle 7: IMF Gehalte [%] in Abhängigkeit vom Geschlecht

Autor	Produktionsart	Genetik	IMF [%]
Weissmann et al. (2004)	Freiland	Pi*(DE*DL) – Sauen	0,87
		Pi*(DE*DL) – Kastraten	1,09
		Pi*(Du*DL) – Sauen	1,10
		Pi*(Du*DL) – Kastraten	1,36
		Pi*AS – Sauen	1,47
		Pi*AS – Kastraten	1,58
Pi*(DE*DL): Piétrain*(Duroc*Deutsche Landrasse), Pi*AS:	Piétrain*(Deutsches Edelschwein*Deutsche Landrasse), Piétrain*Angler Sattelschwein	Landrasse,	Pi*(Du*DL):

2.3.5.14 Einfluss der Fütterung auf den intramuskulären Fettgehalt

Interessant für den Ökolandbau sind die Unterschiede im IMF Gehalt, hervorgerufen durch die Wahl der Proteinträger. Peschke et al. (1994) und Krüger et al. (2001) arbeiteten heraus, dass die Produktionsweisen einen signifikanten Unterschied bewirken. Ökotierte wiesen deutlich höhere IMF Gehalte auf. In einem Versuch von Millet et al. (2004) konnten bei der Fütterung nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus höhere intramuskuläre Fettgehalte als bei konventioneller Fütterung festgestellt werden. Dies bestätigten Honikel (2000) und Olsson et al. (2003) nicht, nach ihnen zeigt ökologisches Schweinefleisch einen niedrigeren IMF Gehalt (Tabelle 8).

Tabelle 8: IMF Gehalte [%] in Abhängigkeit von der Produktionsart

Autor	Produktionsart	Genetik	IMF [%]
Peschke et al. (1994)	konv.		1,47
	öko		1,82
Honikel (2000)	konv., intensiv	NN Piétrain*LW*Landrasse	2,86
	konv., extensiv		1,94
	alternativ, extensiv		1,53
Olsson et al. (2003)	konv.	(Schwedische Landrasse*	2,0
	öko	Schwed. Yorkshire)*Ha	1,6
Millet et al. (2004)	Haltung, Futter öko	Pi*Belg. Landrasse*Du	1,37
	Haltung öko, Futter konv.		1,19
	Haltung konv., Futter konv.		1,39
	Haltung konv., Futter öko		1,61
	Haltung öko, Futter konv.	Pi*(DE*DL)	1,26
	Futter öko		2,63
Hansen et al. (2006)	Futter öko		1,59
	Futter öko		1,51
	Haltung, Futter konv.		1,6
	100 % KF		1,5
Bellof et al. (2000)	70 % KF		1,2
	70 % KF		1,2
	öko:	Du*DL	
	KF und GF		1,80
	KF und GF		1,78
Krüger et al. (2001)	KF und GF		1,93
	KF		1,78
	öko	Pi*(DE*DL)	2,2
	konv.		1,35

NN Piétrain*LW*Landrasse: reinerbig stressstabile Piétrain*Large White*Landrasse, (Schwedische Landrasse*Schwed. Yorkshire)*Ha: (Schwedische Landrasse*Schwedische Yorkshire)*Hampshire, Pi*Belg. Landrasse*Du: Piétrain*Belgische Landrasse*Duroc, Pi*(DE*DL): Piétrain*(Deutsches Edelschwein*Deutsche Landrasse), Du*DL: Duroc*Deutsche Landrasse

Der Einsatz von Raufutter wirkt sich ebenfalls auf den intramuskulären Fettgehalt aus: Eine Zulage von 30 % Grascobs hatte zur Folge, dass sich der IMF Gehalt um etwa 0,6 % Punkte auf 1,1 % verringerte, verglichen mit einer 10 % Cobsvorlage (Fischer 2001b, Fischer 2002), wobei die Unterschiede nicht signifikant waren. Dies bestätigte Gareis (2003). Im Hinblick auf den intramuskulären Fettgehalt zeigten bei Hansen et al. (2006) mit konventionellem Futter gefütterte Schweine den höchsten Fettgehalt mit 1,6 %, gefolgt von der reinen Öko-Kraftfuttermittelvariante mit 1,5 % und dazu signifikant unterschiedlich die beiden Raufuttermittelvarianten mit jeweils 1,2 % (Tabelle 8).

Futtermischungen mit Erbsen und Lupinen oder Ackerbohnen und Lupinen führen zu wesentlich höheren (2,9 % und 2,95 %) intramuskulären Fettgehalten als Ackerbohnen und Kartoffelprotein. Dies liegt an der zwar hohen Versorgung mit Protein, die jedoch gleichzeitig mit einem geringen Vorkommen limitierender Aminosäuren gekoppelt ist (Sundrum et al. 2000, Edwards 2005). Den höchsten IMF Gehalt mit 2,63 % konnten Sundrum et al. (2005) bei Schweinen mit einer Ackerbohnen/Lupinen Variante erzielen. Die Autoren arbeiteten heraus, dass es im ökologischen Landbau durch entsprechende Fütterung möglich ist, Qualitätsfleisch zu erzeugen, das sich z. B. durch einen erhöhten IMF Gehalt von konventionell erzeugtem abhebt.

In einem von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2002) durchgeführten Versuch konnten in Abhängigkeit vom Futter und der Vatergenetik folgende intramuskulären Fettgehalte erfasst werden (Tabelle 9):

Tabelle 9: Übersicht über Fleischbeschaffenheitsparameter (M.l.d.) (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002)

Futter	Vater	IMF [%]
Öko	Piétrain	1,57
	Hampshire*Piétrain	1,39
	Duroc	2,49
Kontrolle	Piétrain	1,23
	Hampshire*Piétrain	1,32
	Duroc	1,52

Durch den Einsatz des ökologischen Futters konnte bei Duroc-Nachkommen ein deutlich höherer intramuskulärer Fettgehalt erreicht werden. Ein höherer IMF Gehalt bei den Ökoschweinen lässt sich möglicherweise durch eine geringere Mastintensität mit verzögertem Wachstum und einen niedrigeren Magerfleischanteil erklären (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2002). Die Ergebnisse der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2002) ergaben keine bessere Fleischqualität durch Vorlage eines Ökofutters, da sich die höheren IMF Gehalte nicht in einer besseren sensorischen Bewertung niederschlugen.

Insgesamt verweisen Sundrum et al. (2006) darauf, dass der IMF Gehalt als wichtiges Kriterium durch die Fütterung beeinflussbar sowie die Fütterung auf die jeweils eingesetzte Genetik anzupassen ist.

3 Material und Methoden

3.1 Ziel der Untersuchungen

In der vorliegenden Arbeit soll durch wiederholte Messungen mit Hilfe der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) das Gewebewachstum lebender Schweine, die nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus gehalten und gefüttert wurden, direkt gemessen werden. Weiterhin soll die Schlachtkörper- sowie die Fleischqualität untersucht werden. Ziel ist es, Unterschiede zwischen den Herkünften sowie den Geschlechter in den Merkmalskomplexen Wachstum und Produktqualität herauszufinden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen Hinweise darauf geben, welche Herkünfte sich hinsichtlich des Wachstums und der Produktqualität für die Schweinezucht im Rahmen des ökologischen Landbaus eignen.

3.2 Versuchsaufbau

3.2.1 Tiere

Für die Untersuchung des Wachstums sowie der Mastleistung und Schlachtkörperqualität standen vier Herkünfte zur Verfügung: Schweine aus dem Bundeshybridzuchtprogramm (BHZP) (Mutterlinie 31: Large White*Landrasse, Vaterlinie 77: stressstabile Endprodukteber aus Piétrainlinie gegründet), Duroc*Deutsche Landrasse (Du*DL), Piétrain*Schwäbisch Hällisches Landschwein (Pi*SH) und Schwäbisch Hällisches Landschwein (SH). Die reinrassigen SH Tiere sowie deren Kreuzungen mit Pi wurden von der Bäuerlichen Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall geliefert. Du und DL Tiere wurden in der hauseigenen Schweineversuchsanlage angepaart und die Du*DL Ferkel aufgezogen. Die BHZP Tiere wurden von der Bauernsiegel-Erzeugergemeinschaft bezogen.

Der Versuch wurde im Zeitraum von Juli 2004 bis Juli 2006 im Institut für Tierzucht¹ der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Mariensee durchgeführt.

Tabelle 10 fasst das eingestellte und bis zur Schlachtung gelangte Tiermaterial, geordnet nach Herkunft und Geschlecht, sowie deren Verluste während der Mastperioden zusammen.

¹ seit dem 01.01.2008: Institut für Nutztiergenetik, Friedrich-Löffler-Institut

Tabelle 10: Anzahl eingestallter, geschlachteter Tiere sowie deren Verluste

Herkunft	Sex	Eingestallt (n)	Verluste (n)	Schlachtung (n)
BHZIP	Sau	13	4	9
	Borg	11	-	11
Du*DL	Sau	12	1	11
	Borg	12	-	12
Pi*SH	Sau	13	1	12
	Borg	12	1	11
SH	Sau	11	3	8
	Borg	17	1	16
Gesamt		101	11	90

BHZIP: Hybridschwein aus dem Bundeshybridzuchtprogramm, **Du*DL:** Duroc*Deutsche Landrasse
Pi*SH: Piétrain*Schwäbisch Hällisches Landschwein, **SH:** Schwäbisch Hällisches Landschwein

Tiere schieden aus dem Versuch entweder durch Tod oder Leistungsdepression aus. Diese war gegeben, wenn sie über drei Wochen weniger als 300 g je Tag zunahmen. Tabelle 11 führt die Verlustursachen auf:

Tabelle 11: Überblick über die Verlustdaten und -ursachen

	Sex	Gewicht [kg]	Durchgang	Verlustursache
BHZIP	Sau	110	1	Wachstumsdepression
BHZIP	Sau	113	1	Wachstumsdepression
BHZIP	Sau	105	4	Nabelbruch, Wachstumsdepression
BHZIP	Sau	41	4	starke Lungenveränderungen (vgl. Anhang 1)
Du*DL	Sau	56	3	unbekannt
Pi*SH	Sau	29	4	unbekannt
Pi*SH	Borg	60	1	unbekannt
SH	Sau	32	2	Mastdarmvorfall
SH	Sau	95	4	Wachstumsdepression
SH	Sau	50	4	Lungenveränderungen
SH	Borg	43	4	Lungenveränderungen

Tabelle 12 verdeutlicht, an wie vielen Tieren, getrennt nach Herkunft und Geschlecht, Mastleistungs- sowie Schlachtkörperqualitätsmerkmale erfasst werden konnten.

Lediglich im Merkmal Fettsäuren (Fettqualität) entfiel eine Probe, so dass 89 Werte für die Statistik vorlagen.

In die Sensorikprüfung flossen 69 Proben des zweiten bis vierten Durchganges ein. Das während der Tomographie verwendete Inhalationsanästhetikum hatte vorübergehend keine Zulassung für Tiere, die der Lebensmittelgewinnung dienten. Daher wurden die Schlachthälften aus dem ersten Durchgang verworfen.

Tabelle 12: Anzahl Tiere mit Mastleistungs- und Schlachtkörperqualitätsdaten

Herkunft	Sex	Durchgang				Summe Herkunft
		erster	zweiter	dritter	vierter	
BHZP	Sau	1	3	3	2	9
	Borg	3	3	3	2	11
Du*DL	Sau	-	4	4	3	11
	Borg	-	4	5	3	12
Pi*SH	Sau	4	-	7	1	12
	Borg	4	-	3	4	11
SH	Sau	0	4	-	4	8
	Borg	8	5	-	3	16
Summe Durchgang		20	23	25	22	90

Tabelle 13 gibt einen Überblick über die Tierzahlen, die über vier Messungen lebend im Tomographen sowie in der fünften Messung als Schlachthälfte gemessen wurden und deren Bilder Daten über die Muskel- und Fettvolumina lieferten. Auf Grund mehrmaliger Defekte am Tomographen war es im ersten Durchgang nicht immer möglich, die Tiere zu den angestrebten Gewichten zu untersuchen (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Anzahl mittels MRT gemessener Tiere

Herkunft	Sex	Messungen				Schlachth.
		in vivo				
		erste	zweite	dritte	vierte	
BHZP	Sau	9	9	9	8	9
	Borg	11	11	9	8	11
Du*DL	Sau	11	11	11	11	11
	Borg	12	12	12	12	12
Pi*SH	Sau	12	12	9	9	12
	Borg	10	11	9	9	11
SH	Sau	8	8	8	8	8
	Borg	11	11	10	9	11
Summe		84	85	77	74	85

Anhand von Ohrproben, einen Tag p.m. am Schlachtkörper genommen, erfolgte im Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn ein Test nach der Methode PCR-RFLP auf den Maligne Hyperthermie Syndrom (MHS) Status.

3.2.2 Haltung und Fütterung

Die Tiere wurden in einem Schweinemaststall des Instituts gehalten. So weit es dort die baulichen Gegebenheiten zuließen, wurden die Tiere nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus (siehe Verordnung (EG) Nr. 1804/1999) gehalten. Die Schweine wurden in Gruppen in planbefestigten Buchten aufgestellt. Das Ausmisten der Buchten und Einstreuen mit Stroh erfolgte täglich. Die Größe der Buchten betrug etwa 10 m², sodass jedem Tier je nach Gruppengröße 1,7 bis 2,5 m² Fläche zur Verfügung standen. Weiterhin gab es in jeder Bucht zwei höhenverstellbare Tränkebeißnippel und vier Futtertröge.

Zunächst wurden die Tröge vor jeder Fütterung auf übrig gebliebenes Futter kontrolliert sowie dieses gegebenenfalls entfernt, gewogen und notiert. Die Tiere wurden zweimal täglich mit pelletiertem, abgewogenem Futter per Hand ad libitum gefüttert.

Das Futter wurde in der institutseigenen Futtermühle aus Einzelkomponenten (Tabelle 14) gemahlen, gemischt und pelletiert. Die Einzelkomponenten stammten teils von Anbauflächen des Instituts für Tierzucht und teils des Instituts für ökologischen Landbau², Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Standort Westerau. Das Mineralfutter wurde von der Fa. Salvana zugekauft und entsprach den Vorgaben des ökologischen Landbaus.

Von jeder hergestellten Futtermischung wurden Proben gezogen, die dann an die LUFA NORD WEST, Institut für Futtermittel in Oldenburg, zur Futtermittelanalyse geschickt wurden (Tabelle 15).

Tabelle 14: Futterzusammensetzung

Futtermittel	Zusammensetzung [%]
Erbsen	35,0
Gerste 9% XP	25,0
Ackerbohnen	18,0
Hafer	10,0
Triticale 9,5% XP	8,0
Salvana Ökomast 5346	3,0
Öl	1,0

XP: Rohprotein

² seit dem 01.01.2008: Institut für Ökologischen Landbau, Johann Heinrich von Thünen-Institut

Tabelle 15: Kennwerte der Ration nach Analyse der Originalsubstanz

	Zusammensetzung	
	1. Analyse	2. Analyse
Wasser [%]	13,0	11,9
Rohasche [%]	4,8	4,8
Rohprotein (N x 6,25) [%]	14,6	15,4
Rohfett (mit HCl) [%]	3,1	3,1
Rohstärke [%]	43,8	43,0
Gesamtzucker [%]	3,0	3,2
Rohfaser [%]	6,0	5,6
ME – Schwein [MJ/kg]	12,5	12,7
Lysin [%]	0,94	0,99
Methionin [%]	0,18	0,19
Cystin [%]	0,26	0,26
Threonin [%]	0,56	0,55
Tryptophan [%] *	0,15	0,19

***Tryptophan** analysiert durch LUFA-ITL GmbH Kiel, **N**: Stickstoff, **HCL**: Salzsäure, **ME**: umsetzbare Energie, **MJ**: Mega Joule

3.2.3 *Magnet-Resonanz-Tomographie*

3.2.3.1 Aufbau des Tomographen

Bei dem institutseigenen Magnet-Resonanz-Tomographen handelte es sich um einen MEDSPEC BMT 15/100 der Fa. Bruker (Baujahr 1987). Die Stärke des stationären Magnetfeldes betrug 1,5 Tesla (30.000-mal stärker als das Erdmagnetfeld), die Länge der Röhre 2 m und ihr Durchmesser 50 cm. Durch diese Röhrenmaße war es möglich, eine Ganzkörpertomographie von Schweinen bis zu etwa 120 kg LG durchzuführen. Die Hauptbestandteile des MR-Tomographen sind bei Griep (1991) grafisch dargestellt. Weitere Informationen speziell über diesen Tomographen und die MRT Technik allgemein gibt auch Streitz (1995).

3.2.3.2 MRT Untersuchungen

Zur Erfassung des Gewebewachstums wurden die Schweine wöchentlich gewogen und bei Erreichen der Lebendgewichte von etwa 30, 50, 70 und 85 kg tomographiert.

Einen Tag vor der in-vivo-Untersuchung wurde das jeweilige Tier zunächst von seiner Gruppe separiert und über Nacht genüchtert. In dieser Zeit stand ihm lediglich Wasser zur freien Verfügung. Zur Vorbereitung der für die MRT Messung notwendigen Narkose wurde das Tier gewogen und danach ein Sedativum (Ursotamin[®], Serumwerke Bernburg) mit einer Dosis von 30 mg/kg LG i.m. appliziert. Ferner erfolgte nach etwa 10-minütiger Wartezeit die i.m. Applikation von Atropin (Atropinum sulfuricum solutum 1% [®], WDT). Dann wurde es in eine Kunststoffwanne gelegt, fixiert und mittels Rolltisch zum Tomographen gefahren. Die Kunststoffwanne wurde auf einem fahrbaren Schlitten fixiert und schließlich die MRT unter Isofluran-Inhalationsanästhesie (Isoba[®], Essex Tierarznei) mittels Kopfmaske und Sauerstoff als Trägergas durchgeführt (Abbildung 5, Abbildung 6). Das Narkotisieren der Tiere war notwendig, um Bewegungsartefakte, die die Bildqualität stark beeinträchtigen, zu vermeiden.



Abbildung 5: Narkosegerät
(Fa. Dräger)



Abbildung 6: Schwein im Tomographen
(Fa. Bruker)

3.2.4 MRT Messung, Bildaufbau sowie -analyse

Die Messung begann an der Lokalisation der Ohrfalte und verlief dann caudal. Sie dauerte je nach Größe des Schweins, Scheibenanzahl und -abstand eine bis eineinhalb Stunden. Die Einstellungen des Tomographen in Abhängigkeit vom Gewicht der Schweine gibt Tabelle 16 wieder. Als Messmodus wurde eine Mehrscheibensequenz (Multi-Slice-Multi-Echo) genutzt und die Bilder in transversaler Schnittrichtung

erzeugt. Die Bilddaten wurden in Form von „Grauwerten je Pixel“ (Pixel = picture element) dargestellt (Scholz 1994). Die MRT Bilder stellten eine Matrix bestehend aus 256*256 Bildpunkten (Pixel) dar, deren Größe sich je nach der Größe des zu messenden Objektes richtete.

Tabelle 16: MRT Messprotokoll

	MRT Messprotokoll				
	30 kg LG	50 kg LG	70 kg LG	85 kg LG	Schlachth. 24 p.m.
FOV [cm]	33,28	38,40	40,96	46,08	46,08
Pixelgröße [mm]	1,3	1,5	1,6	1,8	1,8
Scheibendicke [mm]	8	8	8	8	8
Scheibenabstand [mm]	16	20	24	24	16
Scheibenanzahl	9	9	7	9	7

FOV: field of view, LG: Lebendgewicht [kg]

Bevor die eigentliche Auswertung der aus der MRT gewonnenen Bilder beginnen konnte, wurden die Rohdaten mit dem Programm „Analyze 5.0 - Visualization and Analysis Software, Mayo Clinic’s Biomedical Imaging Resource“ bearbeitet und als Block gespeichert. „Analyze 5.0“ ist ein Programm der „Mayo Foundation for Medical Education and Research“, USA, zur Wiedergabe und Bearbeitung mehrdimensionaler biomedizinischer Bilder.

Die gespeicherten Blöcke wurden dann erneut geladen, um mit der Funktion „Image Edit“ bei in vivo Aufnahmen manuell die rechte Körperhälfte und aus der linken Körperhälfte Knochen, Drüsengewebe (z. B. Glandula Parotis) und viszerale Organe (z. B. Herz, Lunge oder Magen-Darm-Trakt) graphisch zu entfernen (Abbildung 7). Das linke Bild zeigt die original MRT Aufnahme, das rechte das bearbeitete Bild. Informationen zur Aufnahme: 3. Lebendmessung bei 71,5 kg LG, 1: Muskelgewebe, 2: Fettgewebe, 3: Os coxae, 4: Femur, 5: Patella, 6: Vertebrae (nach Kauffman and Clair 1984).

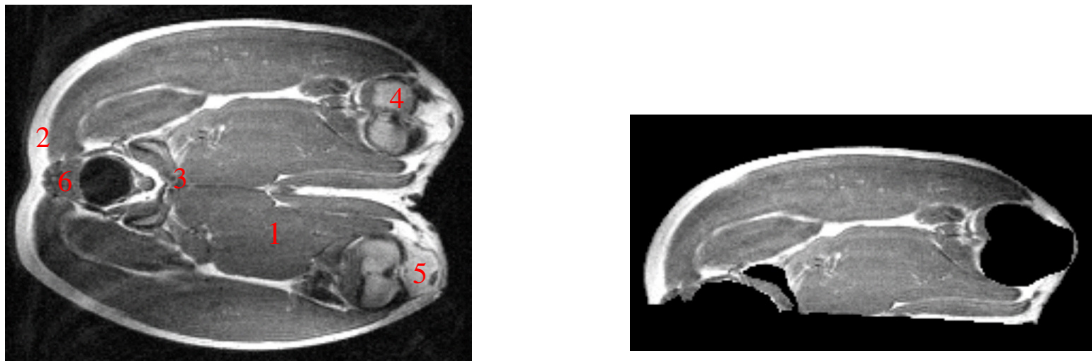


Abbildung 7: Querschnitt durch den Schinken eines BHZP Borgs

Es bestehen keine festen Wertebereiche für die einzelnen Gewebearten. Daher war diese Prozedur nötig, um bei der späteren Bildauswertung Überlappungen in den Graustufenbereichen dieser Gewebe zu vermeiden.

Die rechte Körperseite der in vivo Bildaufnahmen musste entfernt werden, da sich in dieser Bildhälfte ein Schatten befand, so dass sich die Körper- und Gewebekonturen dort nicht klar erkennen ließen. Weiterhin erfolgte unter der Funktion „Multi Spectral“ und dem Klassifizierungsalgorithmus „Parzen Window“ (Tolxdorff et al. 2004) eine Clusteranalyse zur automatischen Klassifikation. Hierbei handelt es sich um ein statistisches Verfahren, bei dem die einzelnen Bildpunkte bestimmten Grauwertklassen zugeordnet werden (vgl. Scholz 1994). Dazu mussten zunächst farblich dargestellte Klassen den verschiedenen Geweben zugeordnet werden (Abbildung 8). In jeder zweiten Scheibe eines Blocks wurden dann bei Echo eins und zwei manuell die verschiedenen Gewebe mit der entsprechenden Farbe nachgezeichnet, wobei die grünen Regionen Fettgewebe, die roten Muskel- und die blaue Region die, das Tier umgebende Luft kennzeichnen. Diese Regionen wurden dann gespeichert und letztendlich klassifiziert (Abbildung 9).

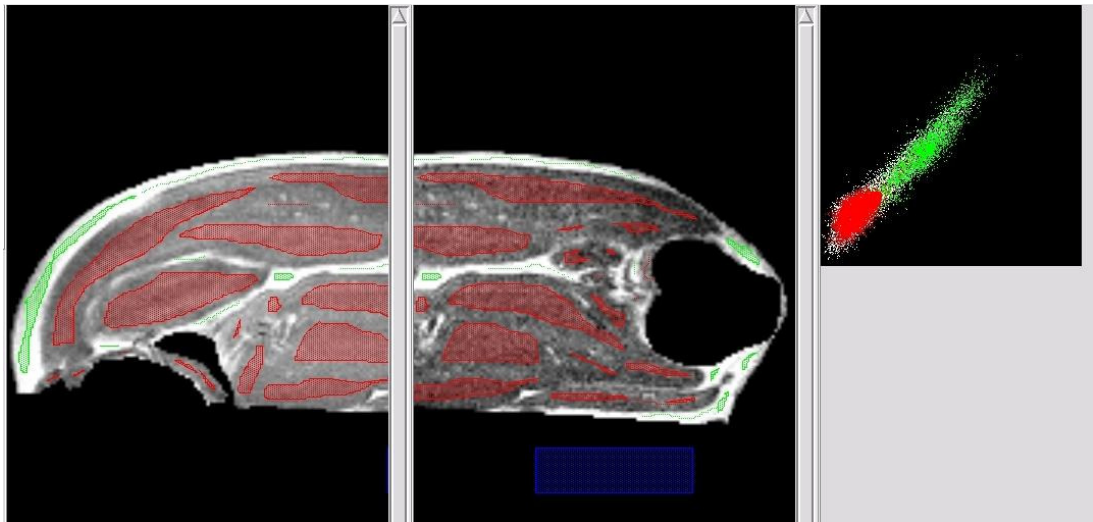


Abbildung 8: „entbeinte“ Schinkenhälfte mit eingezeichneten Regionen

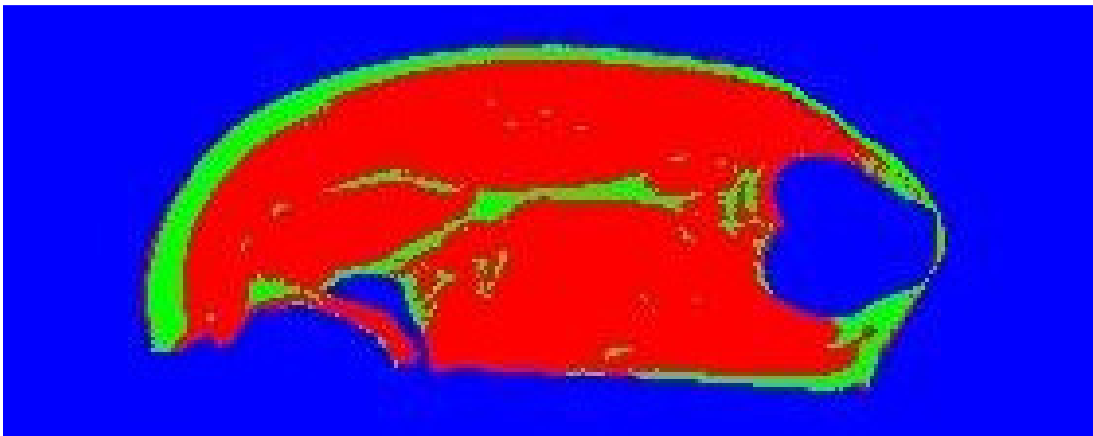


Abbildung 9: Falschfarben-Darstellung der Schinkenhälfte nach Klassifikation

Auf Grund der zeitaufwendigen manuellen Bildbearbeitung konnten lediglich die Bilder eines Tieres täglich komplett bearbeitet werden.

Tabelle 17 veranschaulicht die mittels MRT erfassten Merkmale:

Tabelle 17: Mittels MRT erfasste Merkmale

Merkmal	Definition
Muskelvolumen [dm³]	anhand von MRT Daten gewonnene Pixelanzahl und nach B. Cavalieri (1598-1647) berechnetes Muskelvolumen
Fettvolumen [dm³]	anhand von MRT Daten gewonnene Pixelanzahl und nach B. Cavalieri (1598-1647) berechnetes Fettvolumen
täglicher Muskelansatz [cm³]	Quotient aus der Muskelvolumenzunahme während der Mastperiode und der Anzahl Masttage
täglicher Fettansatz [cm³]	Quotient aus der Fettvolumenzunahme während der Mastperiode und der Anzahl Masttage

Volumenermittlung mittels Cavalieri Methode

Die aus der Klassifizierung erhaltene Anzahl Pixel für Fett, Muskel und Luft konnte schließlich je Block in eine eigens erstellte Excel-Tabelle exportiert und die Summe der jeweiligen Pixel über den gesamten Tierkörper berechnet werden. Diese Anzahl Pixel ging dann in eine nach dem Mathematiker Bonaventura Cavalieri (1598-1647) modifizierte Formel ein, nach der die Berechnung eines Volumens auf die Fläche zurückgeführt werden kann: $estV = T \cdot (A_1 + A_2 + \dots + A_n) \text{ cm}^3$ (Roberts et al. 1993, Roberts et al. 2000). Est V stellt das geschätzte Gewebevolumen [cm³], T den Scheibenabstand [cm] und A₁ bis A_n die aus der Cluster Analyse gewonnene Anzahl Pixel jeweils für Fett bzw. Muskel je Scheibe dar.

modifizierte Formel

geschätztes Volumen [dm³] =

$(\text{Anzahl Pixel} \times \text{Scheibenabstand in mm} \times \text{Pixelfläche in mm}^2) / 1000000) \times 2$

Eine Umrechnung der erhaltenen Muskel- und Fettvolumina in Gramm erfolgte auf Grund folgender Gewebedichten nach Mohrmann et al. (2006):

Muskelgewebedichte: 1,06 [g/cm³], Fettgewebedichte: 0,96 [g/cm³]

Die aus den Schlachthälftenmessungen erhaltenen Gewebevolumina wurden mittels Regression auf Werte für eine entsprechende Lebendmessung geschätzt (Kupai and Baulain 2006, persönliche Mitteilung):

Regressionsmodelle

geschätztes Muskelvolumen für Lebendmessungen anhand von Schlachtkörperdaten:

$$-0,734 + 1,115 \times \text{Muskelvolumen Schlachtkörper [dm}^3\text{]}$$

geschätztes Fettvolumen für Lebendmessungen anhand von Schlachtkörperdaten:

$$0,529 + 1,094 \times \text{Fettvolumen Schlachtkörper [dm}^3\text{]}$$

3.3 Schlachtung

Das Schlachten der Schweine fand im institutseigenen Versuchsschlachthaus statt. Geschlachtet wurde mindestens vier Wochen nach der letzten in vivo MRT, da das verwendete Inhalationsanästhetikum bei Tieren, die der Lebensmittelgewinnung dienen, eine vierwöchige Wartezeit erforderte.

Die zur Schlachtung anstehenden Schweine wurden zunächst mindestens 12 Stunden genüchtert. In dieser Zeit stand ihnen lediglich Wasser ad libitum zur Verfügung. Kurz vor der Schlachtung wurden die Tiere zur Ermittlung des Mastendgewichts gewogen und danach mittels CO₂ betäubt. Nach dem Ausbluten erfolgte das Brühen und Putzen in einer Brüh- und Putzmaschine (Fa. Rothmann GbR), daraufhin das manuelle Nachputzen sowie Entfernen der Ohrmuscheln, der Augen und Klauenschuhe. Weiterhin wurde der Schlachtkörper längs geteilt sowie die Innereien und Organe entnommen. Schließlich wurden Schlachtkörperqualitätsmerkmale am warmen und am 24 Stunden gekühlten Schlachtkörper erfasst. Noch bevor die Schlachthälften in die Kühlzelle (2 °C) verbracht wurden, beschaute sie ein Tierarzt.

3.3.1 Erfasste Merkmale der Mastleistung und der Schlachtkörperqualität

Die Erfassung der hier aufgeführten Merkmale erfolgte nach der „Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein“ vom 01.07.2004, herausgegeben vom Ausschuss für Leistungsprüfung und

Zuchtwertfeststellung beim Schwein (ALZ) des Zentralverbandes der Deutschen Schweineproduktion (ZDS).

Mastleistung

In Tabelle 18 sind Mastleistungsmerkmale aufgeführt, die einerseits über die Gewichtserfassung mittels Waage (Einstall- und Mastendgewicht) und andererseits mittels MRT (Muskel- und Fettansatz) erfasst wurden. Auf eine Berechnung des Futteraufwandes wurde verzichtet, weil die Tiere auf Grund der ad libitum Fütterung, der offenen Futtertröge und der gemischtgeschlechtlichen Gruppenhaltung einen Teil des Futters aus den Trögen wühlten und es dann zertraten oder verunreinigten. Dementsprechend wären berechnete Daten wie Futteraufwand je Kilogramm Zuwachs oder Kilogramm Futter pro Tag und Tier nicht aussagekräftig.

Tabelle 18: Erfasste Merkmale der Mastleistung

Merkmal	Definition
Einstallgewicht [kg]	Gewicht bei Einstallen in den Versuchsstall
Mastendgewicht [kg]	Gewicht des nüchternen Tieres am Tag der Schlachtung
Tägliche Zunahme [g]	durchschnittliche tägliche Lebendgewichtszunahme von etwa 30 kg bis zum Tag der Schlachtung
Mastdauer [Tage]	Anzahl Tage zwischen Eintritt in den Versuch und Abgang durch Schlachtung
Muskelansatz [g/Tag]	Quotient aus (Muskelvolumenzunahme von erster Lebend- bis hin zur Schlachthälftenmessung) zu (Anzahl Tage zwischen erster Lebend- und Schlachtkörpermessung)
Fettansatz [g/Tag]	Quotient aus (Fettvolumenzunahme von erster Lebend- bis hin zur Schlachthälftenmessung) zu (Anzahl Tage zwischen erster Lebend- und Schlachtkörpermessung)

Schlachtkörperqualität

Tabelle 19 gibt einen Überblick über die erfassten Merkmale des Schlachtertrags und der Schlachtkörperzusammensetzung. Der Magerfleischanteil wurde mit einem Fat-O-Meater (Typ S87, Fa. SFK) ermittelt.

Tabelle 19: Erfasste Merkmale des Schlachtkörperertrags und der Schlachtkörperzusammensetzung

Merkmal	Definition
Schlachtkörpergewicht warm [kg]	Gewicht des längs geteilten Schlachtkörpers ohne Beckenhöhlenfett, Nieren, Nierenfett (Flomen), Zwerchfell und Zwerchfellfeiler unmittelbar nach der Schlachtung
Ausschlachtung [%]	Anteil der Gewichte der zwei warmen Schlachthälften am Mastendgewicht
Magerfleischanteil nach FOM [%]	gleichzeitige Messung der Rückenspeck- und Muskeldicke [mm] mittels Fat-O-Meater 7 cm seitlich der Trennlinie auf Höhe der zweit- und drittletzten Rippe
Rückenspeckdicken [mm]	durchschnittliche Dicke des Rückenspecks zwischen Muskel und Außenkante der Schwarte an Widerrist, Rückenmitte und Lende
Schlachtkörperlänge [cm]	gemessen an cranialer Kante des ersten Halswirbels bis cranialer Kante des Schlossknochens, an hängender Schlachthälfte
Schinkengewicht [kg]	von der Schlachthälfte zwischen letztem und vorletztem Lendenwirbel senkrecht zur Längsachse abgetrennter Schinken, Filetkopf ausgelöst

Nach 24 Stunden in der Kühlung wurde jede Hälfte erneut gewogen. Daraufhin erfolgte das Anschneiden und Aufsägen der rechten Schlachthälfte zwischen den Dornfortsätzen des 13./14. Brustwirbels, um u. a. Kotelettfotos zu erstellen. Diese wurden in der Leistungsprüfungsanstalt (LPA) Rohrsen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen mit dem Programm Scan-Star (digitales Fleisch-/Fettflächenphotographie und Planimetriesystem) der Fa. Matthäus hinsichtlich der in Tabelle 20 aufgeführten Merkmale der Schlachtkörperzusammensetzung ausgewertet. Von 90 aufgenommenen Fotos war ein Bild wegen Verzerrungen nicht auszuwerten. Die aus der Kotelettplanimetrierung gewonnenen Daten wurden zur Berechnung des Magerfleischanteils nach der Bonner Formel 2004 für Hybriden/Kreuzungen genutzt:

Basis 59,704

- 0,147 x Fettfläche, cm^2
- + 0,222 x Fleischfläche, cm^2
- 1,744 x Rückenspeck, Lende, cm
- 1,175 x Rückenspeck, Mitte, cm
- 0,809 x Rückenspeck, Widerrist, cm
- 0,378 x Seitenspeckdicke, cm
- 1,801 x Speckmaß über Rückenmuskelfläche, cm

(Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein vom 01.07.2004, Seite 7/30, Unterpunkt 3.3.14)

Tabelle 20: Mittels Kotelettphotos erfasste Merkmale, Anschnitt 13./14. Rippe

Merkmal	Definition
Fleischfläche am Kotelettanschnitt [cm^2]	Fläche des M.l.d
Fettfläche am Kotelettanschnitt [cm^2]	Fettfläche über dem M.l.d
Fleisch zu Fett-Verhältnis (1:)	Reziprokes Relativmaß des Quotienten aus Fett- und Fleischfläche
Seitenspeckdicke [cm]	Fettauflage senkrecht zur Schwarte am ventralen Ende des M. latissimus dorsi
Speck über Rückenmuskel [cm] (Speckmaß B)	dünnste Stelle der Fettauflage über M.l.d.

M.l.d.: Musculus longissimus dorsi

Nach der Kotelettfotografie wurden die Merkmale der Fleisch- und Fettqualität gemessen sowie verschiedene Proben aus dem M.l.d, ausgehend von der 14. Rippe nach caudal, entnommen (Tabelle 21). Diese Entnahme war notwendig, um Fettsäuregehalte mittels GC, Wasser-, Fett- und Proteingehalte mittels Nah-Infrarot-Transmissionsanalyse (NIT), Zartheit mittels eines Messinstrumentes nach N. Wolodkewitsch, Tropfsaftverluste mittels EZ Drip loss methode (siehe Rasmussen and Andersson 1996, Otto et al. 2006) und die Sensorik zu ermitteln.

Tabelle 21: Erfasste Merkmale der Fleisch- und Fettqualität

FAL Mariensee - Merkmale	Definition
pH_{1Kotl.}	pH-Wert 45 Min. p.m. im M.l.d. zwischen Dornfortsätzen des 13./14. Brustwirbels
pH_{24Kotl.}	pH-Wert 24 h p.m. auf Anschnittfläche des M.l.d. 13./14. Rippe, drei Messpunkte zur Berechnung von Mittelwerten
LF_{1Kotl.} [mS/cm]	Leitfähigkeit 45 Min. p.m. im M.l.d. zwischen Dornfortsätzen des 12./13. Brustwirbels
LF_{24Kotl.} [mS/cm]	Leitfähigkeit 24 h p.m. im M.l.d. zwischen Dornfortsätzen des 14./15. Brustwirbels
pH_{24Schi.}	pH-Wert 24 h p.m. oberhalb des Schlossknochens im M. semimembranosus
LF_{24Schi.} [mS/cm]	Leitfähigkeit 24 h p.m. oberhalb des Schlossknochens im M. semimembranosus
Fleischhelligkeit (Minolta L*a*b*)	Farbwert 24 h p.m. des M.l.d. am Kotelettanschnitt 13./14. Rippe mittels Chroma-Meter
Fettsäuren [µg/g]	Gehalt der wichtigsten im M.l.d. enthaltenen Fettsäuren, mittels Gaschromatographie ermittelt
Tropfsaft [%]	Tropfsaftverluste nach EZ Drip Loss Methode anhand Doppelprobe aus M.l.d. ermittelt
Sensorik [Punkte]	durch Prüfpersonen bewertete Merkmalsintensität von Saftigkeit, Zartheit, Aroma/Geschmack, Gesamteindruck; SAroma und Geschmackskomponente Säure
Festigkeit [kg] und [N]	Messung der Fleischzähigkeit mittels Festigkeitsprüfgerät nach N. Wolodkewitsch in [kg] und Messung mittels Instron in [N]
NIT [%]	prozentuale Anteile von Wasser, intramuskulärem Fett und Protein im M.l.d (Homogenisat) mittels Nah-Infrarot-Transmissionsmessung
IMF [%]	Gesamtlipide im reinen Muskelgewebe, ohne intermuskuläres Fett, Faszien, Sehnen und Perimysium

Kotl.: Kotelett, **Schi.:** Schinken

Die Messung der pH-Werte erfolgte mit einem Portamess 651 digital pH-Meter (Fa. Knick) mit einer Einstichelektrode Inlab 427 der Fa. Mettler Toledo. Zur Messung der Leitfähigkeit (LF) diente dann ein LF-Star der Fa. Matthäus. Die Fleischhelligkeit

wurde schließlich mittels Chroma-Meter CR300 der Fa. Minolta. (CIE L*a*b* color space und dreifach Messmodus, Kalibrierung gegen weiße Platte) gemessen.

3.3.2 *Entnommene Proben*

Nach den oben genannten Messungen wurde eine etwa 2,5 cm dicke Scheibe parallel zum Anschnitt 13./14. Rippe abgeschnitten, die Fettauflagerung entfernt sowie der schiere M.l.d. vakuumverpackt und bei -20 °C tiefgefroren. Zu einem späteren Zeitpunkt wurden dann mehrere dieser Proben aufgetaut, in einer Moulinette (Fa. Moulinex) homogenisiert und das Homogenisat mittels NIT auf Wasser [%], intramuskuläres Fett [%] und Protein [%] untersucht. Die prozentualen Anteile an Wasser, intramuskulärem Fett und Protein in der Frischmasse wurden durch Nah-Infrarot-Transmissionsanalyse (NIT, Infratec 1255 Food & Feed Analyzer, Fa. Foss) ermittelt. Die hierfür verwendete Kalibrierkurve basiert auf der im § 35 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-Gesetz (LMBG) dargestellten Referenzanalytik nach Weibull-Stoldt und der Messtechnik der NIT Analyse, die Freudenreich (1992) und Köhler und Kallweit (1997) näher beschreiben.

Aus dem schieren M.l.d. einer weiteren 2,5 cm dicken Scheibe wurden dann je eine bauchwärts und eine zum Rücken gelegene Gewebeprobe mit einem Hohlstechzylinder von 20 mm Durchmesser ausgestochen. Diese Proben wurden in vorher gewogene Tropfsaftcontainer gesetzt und dann die Container erneut mit der Fleischprobe gewogen. Danach erfolgte die Lagerung der gefüllten Container in einer Kühlzelle bei 2 °C für 24 und 48 Stunden und das Wiegen der Container ohne Fleischprobe nach 24 und 48 Stunden. Aus den erhaltenen Werten wurde dann jeweils ein Mittelwert gebildet.

Fettsäurenmuster

Der übrig gebliebene Rest des gestanzten M.l.d. wurde mittels Moulinette homogenisiert, vakuumverpackt und dann bei -20 °C tiefgefroren, um zu einem späteren Zeitpunkt wie folgt weiterverarbeitet zu werden:

Das zur Ermittlung des Fettsäuregehaltes eingefrorene Homogenisat wurde zunächst aufgetaut, davon 400 mg Fleisch im Zentrifugenglas eingewogen sowie jeweils mit 6 ml Lösungsmittelgemisch (CHCl₃ zu MeOH im Verhältnis 1:2, v:v) versetzt. Weiterhin erfolgte das Zerkleinern der Probe zweimal je 1 Minute lang bei 20500 Umdrehungen/Min. im Ultra-Turrax T 25 (Janke & Kunkel, IKA - Labortechnik). Die

entstandene milchig trübe Flüssigkeit wurde zentrifugiert und der Überstand (CHCl_3 /Methanol – Phase) in ein zweites Zentrifugenglas abpipettiert. Zu dem Rest wurden daraufhin 4 ml Lösungsmittelgemisch zugegeben, nochmals mittels Ultra-Turrax zerkleinert, zentrifugiert und der Überstand abpipettiert und zu dem ersten Überstand gegeben. Die gesammelten Überstände wurden dann mit 2 ml CHCl_3 sowie 6 ml destilliertem Wasser versetzt und erneut zentrifugiert. Weiterhin erfolgte das Abpipettieren der unteren Phase (CHCl_3) und die Gabe in ein leer verwogenes SZ-Präparateglas. Das offene SZ-Präparateglas kam dann unter eine Abluftvorrichtung, um extrahiertes Fett einzuengen. Nachdem die Probe restlos abgedampft war, kam sie für eine Stunde bei 30 °C in den Trockenschrank und kühlte danach 15 Minuten im Exsikator ab. Dann erfolgte das Zurückwiegen des SZ Präparateglases mit dem getrockneten reinen Fett, daraufhin wurden 800 ml tertiärer BME dazugegeben, das Glas fest verschlossen und vorsichtig geschwenkt, um das Fett wieder aufzulösen. Schließlich wurden noch 100 µl des gelösten Fettes mittels Mikroeinsatz in eine Schraubampulle pipettiert und 50 µl TMSH zur Veresterung (siehe Schulte und Weber 1989) zugegeben, die Schraubampulle fest verschlossen und leicht geschüttelt. Die Lösung war danach einspritzfertig für den Gaschromatographen. Bis eine gewisse Anzahl Probenfläschchen zur Bestückung des Gaschromatographen vorlagen, wurden sie bei -20 °C gelagert.

Die eigentliche Analyse der Probenfläschchen erfolgte schließlich in einem Labor des Instituts für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft³, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Standort Braunschweig, mittels Gaschromatographie. Die Parameter des gaschromatographischen Systems lauten:

Gaschromatograph:	HP 5890
Detektor:	Flammen-Ionisations-Detektor (FID)
Kapillar-Trennsäule:	Fa. Alltech, Länge 30 m, ID 250 µm, Filmdicke 0,25 µm
Säulenvordruck:	80 kPa
Trärgas:	Stickstoff
Temperaturprogramm:	60 °C für 2 Minuten Temperaturerhöhung um 15 °C pro Minute bis auf 150 °C Temperaturerhöhung um 4 °C pro Minute bis auf 240 °C Temperatur von 240 °C für 10 Minuten erhalten

³ seit dem 01.01.2008: Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut

Tabelle 22 gibt einen Überblick über die im Standard enthaltenen Fettsäuren. Die dort aufgeführten ungesättigten Fettsäuren lagen in cis-Konfiguration vor.

Tabelle 22: Im Standard enthaltene Fettsäuren

Fettsäureformel Kurzschreibweise (Zahl der C-Atome:Doppelbindungen)	Name
C 8:0	Caprylsäure
C 10:0	Caprinsäure
C 12:0	Laurinsäure
C 13:0	Tridecansäure
C 14:0	Myristinsäure
C 15:0	Pentadecansäure
C 16:0	Palmitinsäure
C 16:1	Palmitoleinsäure
C 17:0	Margarinsäure
C 18:0	Stearinsäure
C 18:1	Ölsäure
C 18:2	Linolsäure
C 18:3	Linolensäure
C 19:0	Nonadecansäure
C 20:0	Arachinsäure
C 20:1	Eicosensäure
C 20:2	11,14 Eicosadiensäure
C 20:3	Dihomo- γ -Linolensäure
C 20:4	Arachidonsäure
C 21:0	Heneicosansäure

Folgende Standards der Fa. Alltech fanden Verwendung und dienten der Ermittlung der Retentionszeiten:

K101 FAME MIX (625001) in 10 ml BME gelöst

AOCS MIX No. 6 (625030) in 5 ml BME gelöst

K 1000 FAME MIX (625003) in 5 ml BME gelöst

K 4000 FAME MIX (625009) in 5 ml BME gelöst

Sie wurden dann im Verhältnis 1:1:1:1 (v:v:v:v) gemischt und achtmal im Lauf analysiert. Dieses Standardgemisch diente der Bestimmung der einzelnen Fettsäuremethylester (FAME) im für Schweinefleisch relevanten Bereich der Fettsäuren mit 8 bis 21 C-Atomen.

Gruppierung der Fettsäuren:

kurzkettige gesättigte Fettsäuren:	C 8:0
mittellangkettige gesättigte Fettsäuren:	C 10:0, C 12:0, C 14:0
langkettige gesättigte Fettsäuren:	C 16:0, C 18:0, C 20:0
ungeradkettige gesättigte Fettsäuren:	C 13:0, C 15:0, C 17:0, C 19:0, C 21:0
Monoensäuren (MUFA):	C 16:1, C 18:1, C 20:1
Polyensäuren (PUFA):	C 18:2, C 18:3, C 20:2, C 20:3, C 20:4

Festigkeitsprüfung nach N. Wolodkewitsch

Das Festigkeitsprüfgerät nach N. Wolodkewitsch wird u. a. von Volodkevich (1938), Wolodkewitsch (1956), Grünwald (1957) und Werhahn (1964) beschrieben, so dass hier auf eine nähere Beschreibung verzichtet wird. Zur Messung der Fleischzähigkeit wurden die tiefgefrorenen M.l.d. Proben zunächst aufgetaut und davon etwa 200 g Probenmaterial eingewogen. Dieses wurde dann 20 Minuten lang in drei Liter 9 %iger Kochsalzlösung gekocht. Danach kühlte das Fleisch fünf Minuten bei Zimmertemperatur ab und wurde zur Erfassung des Kochverlustes zurück gewogen. Weiterhin wurde die Probe längs der Muskelfaser in Streifen geschnitten und zehn dieser Streifen (B 1,2 cm x L 2 cm x H 1 cm) nacheinander quer zur Faserrichtung mit einer schmalen, stumpfen Quetschleiste durchgequetscht. Für jede Messung wurde ein Weg-Kraft-Diagramm auf ein Stück Millimeterpapier gezeichnet, sodass der aufgewendete maximale Druck [kg] bestimmt werden konnte.

3.4 Sensorik- und Zähigkeitsuntersuchungen in Kulmbach

Von den an die Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL)⁴, Standort Kulmbach, geschickten Kotelettproben wurden noch im gefrorenen Zustand von der cranialen Seite eine 1 cm dicke und eine 2,5 cm dicke Scheibe abgesägt. Erste wurde verworfen und letztere gefroren bis zur Weiterverarbeitung für die Scherkraftmessung (Instron) aufbewahrt.

⁴ seit dem 01.01.2008: Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, Max Rubner-Institut

Die restlichen Kotelettstücke wurden ebenfalls tiefgefroren zwischengelagert und 48 Stunden vor der jeweiligen Sensoriksitzung bei plus 4 °C auf Rosten aufgetaut. Dann wurde eine 2,5 cm dicke Scheibe, beiderseits frischer Anschnitt, als Sensorikprobe ausgeschnitten. Diese Scheibe wurde beiderseits mit Alu-Folie abgedeckt, im Plattenkontaktgrill bis zu einer Kerntemperatur von 72 °C erhitzt und zum Temperatúrausgleich zunächst noch zwei Minuten außerhalb der Wärmequelle liegen gelassen, wodurch es in der inneren Schicht zu einem Temperaturanstieg auf ca. 75 °C kam. Zur Feststellung des Grillverlustes erfolgte schließlich die Rückwaage.

Anschließend wurden aus jeder Scheibe sechs Würfel mit einer Kantenlänge von etwa 2 cm zugeschnitten und an sechs Prüfpersonen ausgeteilt. Diese bewerteten, jeweils für sich, anhand vorgegebener Skalen, die Merkmalsintensität von Saftigkeit, Zartheit, Aroma/Geschmack und Gesamteindruck nach einem 6-Punkte-Schema (6 = beste, 1 = schlechteste Bewertung). Ferner bewerteten die Prüfpersonen das SAroma, unter dem ein unangenehmes, stechendes Schweinearoma zu verstehen ist, sowie die Geschmackskomponente Säure in drei Intensitätsstufen (3 = normal, 2 = leicht, 1 = stark). Das Test-Panel bestand aus Mitarbeitern, die über langjährige Erfahrung in der Sensorik von Fleisch verfügen. Aus organisatorischen Gründen war es nicht möglich, immer die gleichen Prüfpersonen heranzuziehen. In jeder Sensoriksitzung wurden acht bis elf Proben geprüft, wobei innerhalb jeder Serie auf möglichst gleichmäßige Präsenz und zufällige Reihenfolge von Proben aus den einzelnen genetischen Herkünften Wert gelegt wurde (Fischer 2006, persönliche Mitteilung). Weitere Informationen zur Sensorik Prüfung können bei Fischer (1990) nachgelesen werden.

Die physikalische Zähigkeitsmessung erfolgte mit einem Instron-Gerät 5564 (Fa. Instron Wolpert GmbH), bei dem es sich um eine Kraft-Weg-Maschine handelt. Diese stellt das Messergebnis als die Kraft dar, die über den Weg des Scherblattes aufgewendet werden muss.

Die für die Scherkraftmessung eingefrorene 2,5 cm dicke Scheibe wurde über 24 Stunden bei plus 4 °C aufgetaut. Die Scheibe wurde, wie bei der Sensorik beschrieben, erhitzt, anschließend mit Alufolie bedeckt und über Nacht im Kühlschrank bei plus 4 °C gelagert. Je Probe wurden jeweils sechs Streifen a 1x1 cm, parallel zur

Faser geschnitten, genutzt. Die Messung erfolgte quer zur Faserrichtung mit einem modifizierten Warner-Bratzler-Schervorsatz (1,2 mm dickes Scherblatt, rechtwinklig 15 mm hoch und 11 mm breit). Der Vorschub des Scherblattes bei der Messung betrug 200 mm/Minute. Näheres kann bei Freudenreich und Augustini (2001) nachgelesen werden.

3.5 Statistik

Die Statistik setzt sich einerseits aus der Varianzanalyse und andererseits dem Wachstumsmodell nach Kusec (2001) zusammen:

Varianzanalyse

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm JMP, Version 5.1 (SAS Institute Inc., 2003). Die Wachstums- und Produktqualitätsdaten (Schlachtkörper-, Fleisch- und Fettqualität) wurden mit der Prozedur „Fit Model“ einer Varianzanalyse (ANOVA) unterzogen.

Auf eine Schlachttagskorrektur der Fleischqualitätsdaten (Garcia-Rey et al. 2005) wurde verzichtet, da an zahlreichen Schlachttagen lediglich ein bis zwei Schweine geschlachtet wurden und der Korrektoreffekt dementsprechend zu groß war.

Folgendes Modell wurde angewendet:

Grundmodell

$$y_{ijk} = \mu + \text{Herk}_i + \text{Sex}_j + \text{Herk} * \text{Sex}_{ij} + e_{ijk}$$

y_{ijk}	= Merkmal
μ	= Populationsmittel
Herk_i	= fixer Effekt der Herkunft (BHZP, Du*DL, Pi*SH, SH)
Sex_j	= fixer Effekt des Geschlechts (männlicher Kastrat, Sau)
$\text{Herk} * \text{Sex}_{ij}$	= Interaktion der Faktoren Herkunft und Geschlecht
e_{ijk}	= Restfehler (zufällig)

Wachstum

Tabelle 23 stellt die Rohmittelwerte der Gewichte der verschiedenen Herkünfte bei Mastbeginn und -ende dar. Es ist ersichtlich, dass Du*DL bei beiden Merkmalen deutlich höhere Gewichte zeigen. Zur Auswertung der Mastleistungsdaten wurden daher das Einstall- und das Mastendgewicht als Kovariablen im Grundmodell berücksichtigt.

Tabelle 23: Rohmittelwerte und Standardabweichung (in Klammern) der Einstall- und Mastendgewichte verschiedener Herkünfte

Merkmal	Herkunft			
	BHZIP	Du*DL	Pi*SH	SH
Mastbeginn [kg]	27,4	32,9	26,1	27,7
	(0,5)	(0,8)	(1,0)	(1,2)
Mastende [kg]	120,4	122,6	116,0	116,8
	(1,3)	(1,3)	(0,8)	(0,7)

Wachstum mittels MRT erfasst

Bei der Auswertung der mittels MRT erfassten Wachstumsdaten wurde das Lebendgewicht zum jeweiligen Messzeitpunkt als Kovariable eingesetzt.

Schlachtkörperqualität – Schlachtertrag

Hinsichtlich der Schlachtkörperqualität wurde das Schlachtgewicht (warm) als Kovariable in das Modell mit einbezogen. Die Rohmittelwerte der Schlachtgewichte, Standardabweichung in Klammern, betrugen bei BHZIP 96,2 kg (0,9), Du*DL 96,7 kg (1,1), Pi*SH 93,3 kg (0,7) und SH 90,8 kg (0,6).

Da bei den Tropfsaftverlusten die Annahme der Normalverteilung der Residuen nicht gegeben war, wurden die Daten logarithmisch transformiert (Tabelle 53).

Zur Klärung der Frage, inwiefern Korrelationen zwischen den Merkmalen IMF und Zartheit bestehen, wurden die phänotypischen Korrelationen mittels JMP mit der Prozedur „Fit y by x“ berechnet.

Mit dem F-Test wurde die Signifikanz der Einflüsse der fixen Effekte auf die jeweils abhängige Variable überprüft. Der Tukey HSD (honestly significant difference) Test ($\alpha = 0,05$) wurde für einen Paarvergleich der LS-Means verwendet. Als Signifikanzgrenzen für die statistischen Berechnungen galten:

$p > 0,05$	nicht signifikant	n.s.
$p \leq 0,05$	signifikant	*
$p \leq 0,01$	hoch signifikant	**
$p \leq 0,001$	höchst signifikant	***

Wachstumskurvenmodell für MRT-Daten mittels asymmetrischer S-Kurve nach Kusec (2001)

Die zeitliche Entwicklung des Lebendgewichtes (W_t) und das Wachstum des Muskel- (Mu_{VOLG}) und Fettgewebes (Fe_{VOLG}) in Relation zum Lebendgewicht wurden mathematisch durch eine nichtlineare, asymmetrische S-Kurvenfunktion, deren Wendepunkt flexibel ist, dargestellt:

$$W_t = \frac{A}{(1 + b * \exp^{-c * t})^{\frac{1}{\gamma}}} \quad (1)$$

$$Mu_{VOLG} = \frac{A}{(1 + b * \exp^{-c * LG})^{\frac{1}{\gamma}}} \quad (\text{modifiziert nach Kusec 2001}) \quad (2)$$

$$Fe_{VOLG} = \frac{A}{(1 + b * \exp^{-c * LG})^{\frac{1}{\gamma}}} \quad (\text{modifiziert nach Kusec 2001}) \quad (3)$$

A	= maximale biologische Endgröße, Asymptote
b	= Resultat der Gleichung beim Alter 0
c	= Wachstumsgeschwindigkeit
Fe_{VOLG}	= Fettvolumen des Tieres zum Lebendgewicht LG
LG	= Lebendgewicht des Tieres
Mu_{VOLG}	= Muskelvolumen des Tieres zum Lebendgewicht LG
t	= Alter des Tieres
W_t	= Gewicht des Tieres zum Alter t
γ	= Asymmetrie-Koeffizient (Kusec 2001)

Wendepunkt nach Kusec (2001)

Der Wendepunkt beschreibt den Zeitpunkt bzw. das Gewicht, an dem progressives Wachstum in degressives übergeht:

$$W.p. = \left(\frac{1}{c\gamma} \ln \frac{b}{\gamma} ; \frac{A}{(1+\gamma)^{1/\gamma}} \right) \quad (4)$$

Weiterhin ist es möglich, Wachstum in Stufen, denen ein lokales Minimum bzw. Maximum zugeordnet werden kann, einzuteilen (Kusec 2001):

„lokales Minimum“

$$t_C = \frac{1}{c\gamma} \ln \frac{2b}{\gamma(\gamma+3) - \gamma\sqrt{(\gamma+1)(\gamma+5)}} \quad (5)$$

$$LG_C = \frac{1}{c\gamma} \ln \frac{2b}{\gamma(\gamma+3) - \gamma\sqrt{(\gamma+1)(\gamma+5)}} \quad (\text{modifiziert nach Kusec 2001})$$

„lokales Maximum“

$$t_B = \frac{1}{c\gamma} \ln \frac{2b}{\gamma(\gamma+3) + \gamma\sqrt{(\gamma+1)(\gamma+5)}} \quad (6)$$

$$LG_B = \frac{1}{c\gamma} \ln \frac{2b}{\gamma(\gamma+3) + \gamma\sqrt{(\gamma+1)(\gamma+5)}} \quad (\text{modifiziert nach Kusec 2001})$$

Nach Kusec (2001) „beschreibt Punkt B im Bereich der intensiven Wachstumsphase als konvexe Region ein lokales Maximum und Punkt C im Bereich des abnehmenden Wachstums ein lokales Minimum im Sinne einer konkaven Region“. Ferner beschreibt er das Intervall $(t < t_B)$ als einsetzendes Wachstum, $(t_B < t < t_C)$ als intensiven Wachstumsbereich sowie $(t > t_C)$ als Bereich des abschwächenden Wachstums.

Zunächst wurde für jedes Tier einzeln mit der Prozedur „Model – Nonlinear“ die asymmetrische S-Kurve angepasst. Als Maß für die Güte der Anpassung der Kurve diente die Methode der kleinsten Quadrate, die die summierten Quadrate der Residuen minimiert. Als Maß für die Güte der erhaltenen Regressionen wurde das Bestimmtheitsmaß R^2 verwendet. Die aus der Modellierung erhaltenen Werte für A, b und c wurden gespeichert sowie daraus die Wendepunkte und lokale Minima und

Maxima für jedes einzelne Tier berechnet (Formeln 4 bis 6). Diese Werte wurden dann auf Normalverteilung überprüft und einer Varianzanalyse mit den fixen Effekten Herkunft, Geschlecht sowie deren Interaktion unterzogen.

Der Asymmetrie-Koeffizient γ wurde zunächst frei angepasst und belief sich auf Werte zwischen 0,009 und 0,01, so dass in Anlehnung an Kralik et al. (1999) (zitiert nach Kusec 2001) und Kusec (2001) ein Festsetzen des γ -Wertes auf 0,01 erfolgte. Konnte kein sinnvoller Wert für den Parameter A bei der Modellierung der einzelnen Tiere gefunden werden, so wurde dieser ebenfalls vorgegeben.

4 Ergebnisse

4.1 Wachstum

4.1.1 Mastleistung

Tabelle 24 gibt einen Überblick über den Einfluss der fixen Effekte Herkunft, Geschlecht und deren Interaktion sowie über die Kovariablen Gewicht bei Mastbeginn, Mastende und Lebendgewicht bei der ersten und letzten MRT Messung. Die genetische Herkunft zeigt auf die Tageszunahmen und die Mastdauer keinen deutlichen Einfluss. Das Geschlecht erweist sich bei den Tageszunahmen, der Mastdauer sowie dem täglichen Fettansatz als höchst signifikant. Eine Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht besteht bei keinem der Mastleistungsmerkmale. Die Kovariable Einstallgewicht bei Mastbeginn erweist einen Bezug zu den Parametern Tageszunahmen und Mastdauer, wohingegen mit dem Mastendgewicht lediglich die täglichen Zunahmen und mit dem Lebendgewicht der tägliche Muskel- und Fettansatz in Beziehung stehen.

Tabelle 24: Einflussfaktoren auf Merkmale der Mastleistung

Faktor	Merkmal			
	TZ	Mastdauer	Muskelans.	Fettans.
Herkunft	n.s.	n.s.	***	***
Geschlecht	***	***	n.s.	***
H*G	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Mastbeginn [kg]	*	***	-	-
Mastende [kg]	***	n.s.	-	-
LG [kg]	-	-	*	***

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$, -: nicht im Modell enthalten

Nach Berücksichtigung der fixen Effekte und der Kovariablen sind lediglich im täglichen Muskel- und Fettansatz Unterschiede zwischen den Gruppen erkennbar (Tabelle 25). Obwohl sich die Gruppen im Merkmal Tageszunahmen und Mastdauer statistisch nicht nachweisbar voneinander unterscheiden, nehmen Du*DL Tiere tendenziell 50 g täglich mehr zu, was sich in einer sechs bis acht Tage kürzeren Mastdauer widerspiegelt. SH Tiere zeichnen sich wegen ihres deutlich niedrigeren

Muskel- und höheren Fettansatzes pro Tag besonders aus. Bei dem Vergleich der Tageszunahmen und der Summe des Muskel- und Fettansatzes fällt auf, dass die tendenziell höheren Tageszunahmen der Du*DL Hybriden nicht in einem tendenziell höheren Muskel- und Fettansatz wieder zu finden sind (siehe auch Tabelle 45, Merkmal Ausschlachtung).

Tabelle 25: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der Mastleistung in Abhängigkeit von der Herkunft

Merkmal	Herkunft			
	BHZIP	Du*DL	Pi*SH	SH
TZ [g/Tag]	782 (15)	837 (16)	788 (15)	780 (15)
Mastdauer [Tage]	117 (2)	110 (2)	116 (2)	118 (2)
Muskelans. [g/Tag]	391 ^a (11)	382 ^a (11)	406 ^a (11)	333 ^b (12)
Fettans. [g/Tag]	222 ^a (6)	215 ^a (7)	230 ^a (6)	274 ^b (7)

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Die Betrachtung der Tageszunahmen und der Mastdauer hinsichtlich des Geschlechts lässt erwartungsgemäß bei Börgen deutlich bessere Zunahmen und damit einhergehend eine kürzere Mastdauer erkennen als bei Sauen (Tabelle 26). Weiterhin kann bei Börgen ein tendenziell höherer Muskelansatz und ein um etwa 22 g nachweisbar höherer täglicher Fettansatz ermittelt werden.

Tabelle 26: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Mastleistungsmerkmale in Abhängigkeit vom Geschlecht

Merkmal	Geschlecht	
	Börge	Sauen
TZ [g]	823 ^a (10)	771 ^b (11)
Mastdauer [Tage]	111 ^a (1)	119 ^b (2)
Muskelans. [g/Tag]	384 (7)	372 (8)
Fettans. [g/Tag]	246 ^a (4)	224 ^b (5)

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Tabelle 27 gibt sowohl einen Überblick über den Einfluss der fixen Effekte Herkunft, Geschlecht und deren Interaktion als auch über die Kovariable Lebendgewicht zum Zeitpunkt der jeweiligen Messung. Die Abstammung der Tiere hat auf alle Volumenmessungen einen deutlichen Einfluss. Ein Geschlechtsunterschied ist jedoch erst ab der zweiten Messung wahrnehmbar und Herkunft*Geschlecht Interaktionen sind für das Fettvolumen lediglich für die erste, zweite und dritte Messung statistisch gesichert.

Tabelle 27: Einflussfaktoren auf Muskel- und Fettvolumina zu verschiedenen Messzeitpunkten

Faktor	1. Mess		2. Mess		3. Mess		4. Mess		5. Mess	
	Muvo	Fevo	Muvo	Fevo	Muvo	Fevo	Muvo	Fevo	Muvo	Fevo
Herk.	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Geschl.	n.s.	n.s.	*	***	*	***	***	***	**	***
H*G	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
LG [kg]	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

In Anbetracht der Gewebezusammensetzung (Tabelle 28) über die Gewichtsentwicklung von 34 kg bis 87 kg Lebendgewicht kann bei reinrassigen SH Schweinen im Vergleich zu den anderen drei Gruppen immer das geringste Muskel- und das höchste Fettvolumen ermittelt werden, wohingegen sich die Pi*SH Kreuzung

auf Grund der fleischreichen Pi-Genetik nicht nachweisbar von den anderen Gruppen unterscheidet. Erst bei der fünften Messung im Lebendgewichtsbereich von 119 kg differieren die Gruppen im Merkmal Muskelvolumen stärker. Das höchste Muskelvolumen zeigen Pi*SH Tiere und unterscheiden sich damit signifikant von Du*DL und SH, nicht aber von BHZP.

Tabelle 28: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Muskel- und Fettvolumina [dm³] je nach Herkunft und Messung

Mess	LG [kg]	BHZP		Du*DL		Pi*SH		SH	
		Muvo	Fevo	Muvo	Fevo	Muvo	Fevo	Muvo	Fevo
1.	34	13,1 ^a	3,5 ^b	13,1 ^a	3,4 ^b	12,8 ^a	3,6 ^b	11,4 ^b	4,4 ^a
		(0,2)	(0,1)	(0,2)	(0,1)	(0,2)	(0,1)	(0,2)	(0,1)
2.	51	19,2 ^a	7,0 ^b	19,4 ^a	6,6 ^b	19,4 ^a	6,9 ^b	17,6 ^b	7,9 ^a
		(0,2)	(0,2)	(0,2)	(0,1)	(0,2)	(0,1)	(0,2)	(0,2)
3.	70	27,9 ^a	10,7 ^b	27,2 ^a	10,9 ^b	28,0 ^a	11,4 ^{ab}	25,7 ^b	12,5 ^a
		(0,4)	(0,3)	(0,4)	(0,3)	(0,4)	(0,3)	(0,4)	(0,3)
4.	87	35,1 ^a	14,1 ^b	33,9 ^a	14,8 ^b	35,1 ^a	15,5 ^b	31,2 ^b	17,4 ^a
		(0,5)	(0,5)	(0,4)	(0,4)	(0,5)	(0,5)	(0,5)	(0,5)
5.	119	50,3 ^{ab}	23,2 ^b	48,1 ^b	22,9 ^b	51,1 ^a	24,2 ^b	43,2 ^c	28,6 ^a
		(0,7)	(0,6)	(0,6)	(0,6)	(0,6)	(0,6)	(0,7)	(0,6)

a, b, c: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Die Aufgliederung der Gewebeentwicklung nach dem Effekt Geschlecht (Tabelle 29) verdeutlicht dessen starken Einfluss. Sauen zeigen bereits zum Zeitpunkt der zweiten Messung, respektive über 50 kg Lebendgewicht, ein höheres Muskel- und ein niedrigeres Fettvolumen (vgl. Tabelle 26).

Tabelle 29: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Muskel- und Fettvolumina in Abhängigkeit vom Geschlecht

Mess	LG [kg]	Muskelvolumen [dm ³]		Fettvolumen [dm ³]	
		Börge	Sauen	Börge	Sauen
1.	34	12,5 (0,1)	12,7 (0,2)	3,8 (0,1)	3,7 (0,1)
2.	51	18,6 ^a (0,2)	19,2 ^b (0,2)	7,4 ^a (0,1)	6,8 ^b (0,1)
3.	70	26,7 ^a (0,3)	27,7 ^b (0,3)	12,1 ^a (0,2)	10,6 ^b (0,2)
4.	87	32,8 ^a (0,3)	34,8 ^b (0,3)	16,4 ^a (0,3)	14,5 ^b (0,3)
5.	119	47,1 ^a (0,4)	49,2 ^b (0,5)	25,8 ^a (0,4)	23,7 ^b (0,4)

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

In Abbildung 10 sind die Fettvolumina in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht abgebildet. Es bestehen sowohl keine deutlichen Unterschiede zwischen Börgen und Sauen der Herkunft BHZP als auch zwischen Börgen und Sauen der Rasse SH. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung zeigen Du*DL Börge ein um 0,9 dm³ signifikant höheres Fettvolumen als Du*DL Sauen. Weiterhin kann bei Pi*SH Börgen zum Zeitpunkt der zweiten Messung ein um 1,2 dm³ und der dritten Messung um 2,8 dm³ statistisch höheres Fettvolumen ermittelt werden. Zu späteren Messzeitpunkten sind keine statistisch belegbaren Interaktionen zwischen Herkunft und Geschlecht festzustellen.

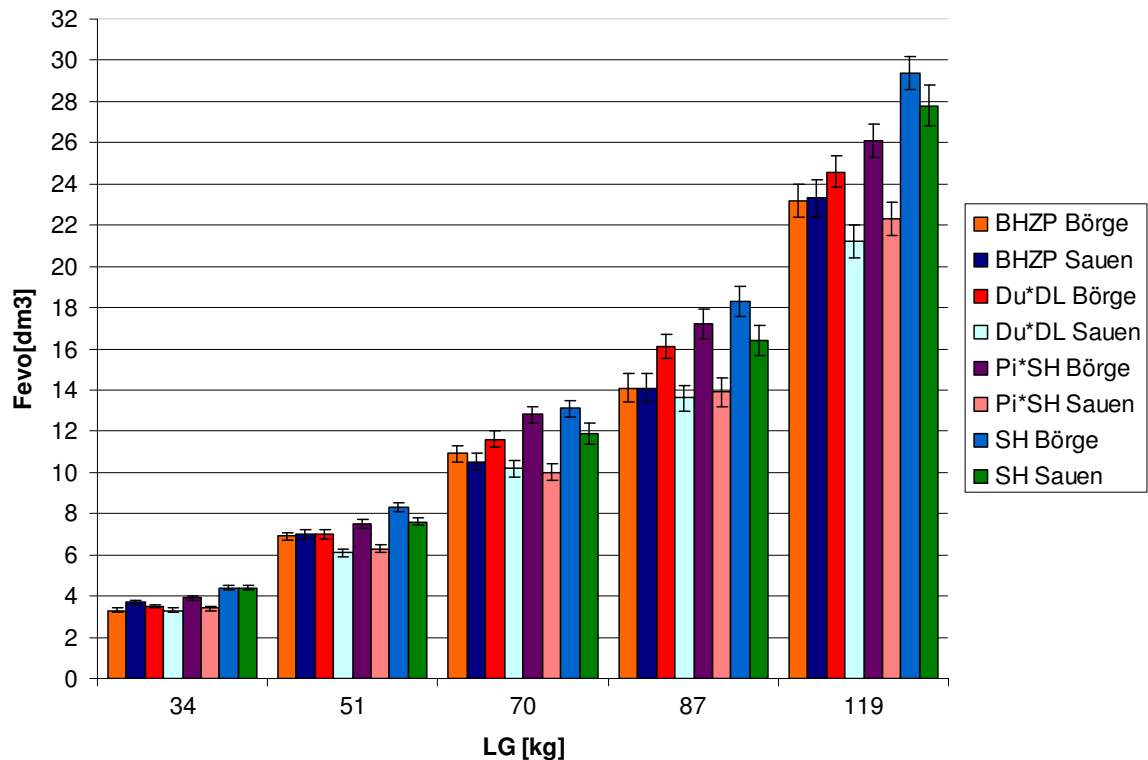


Abbildung 10: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler für Fettvolumina in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht

Tabelle 30 gibt einen Überblick über den Einfluss der fixen Effekte Herkunft, Geschlecht und deren Interaktion sowie über die Kovariable Lebendgewicht zum Zeitpunkt der jeweiligen MRT Messung. Die genetische Herkunft zeigt auf das Fleisch zu Fett-Verhältnis bei jeder Messung einen deutlichen Einfluss. Das Geschlecht zeigt lediglich bei der ersten Messung keinen Einfluss. Eine Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht besteht nicht; die Kovariable Lebendgewicht weist lediglich zum Zeitpunkt der dritten und vierten MRT Messung keinen Bezug zu dem Merkmal Fleisch zu Fett-Verhältnis.

Tabelle 30: Einflussfaktoren auf das mittels MRT erfasste Merkmal Fleisch zu Fett-Verhältnis

Faktor	Fleisch zu Fett-Verhältnis				
	1. Mess	2. Mess	3. Mess	4. Mess	5. Mess
Herkunft	***	***	***	***	***
Geschlecht	n.s.	***	***	***	***
H*G	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
LG [kg]	***	***	n.s.	n.s.	**

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

Anhand Tabelle 31 wird ersichtlich, dass zu allen Messzeitpunkten die reinrassigen Schwäbisch-Hällischen Schweine das ungünstigste Fleisch zu Fett-Verhältnis aufweisen und sich die anderen drei Gruppen nicht deutlich voneinander unterscheiden (vgl. Tabelle 28).

Tabelle 31: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für das Merkmal Fleisch zu Fett-Verhältnis (MRT) in Abhängigkeit von der Herkunft

Mess	LG [kg]	Fleisch zu Fett-Verhältnis 1:			
		BH*P	Du*DL	Pi*SH	SH
1.	34	0,27 ^b (0,01)	0,26 ^b (0,01)	0,28 ^b (0,01)	0,39 ^a (0,01)
2.	51	0,36 ^b (0,01)	0,34 ^b (0,01)	0,36 ^b (0,01)	0,45 ^a (0,01)
3.	70	0,38 ^b (0,01)	0,40 ^b (0,01)	0,41 ^b (0,01)	0,49 ^a (0,01)
4.	87	0,40 ^b (0,02)	0,44 ^b (0,02)	0,45 ^b (0,02)	0,56 ^a (0,02)
5.	119	0,46 ^b (0,02)	0,48 ^b (0,02)	0,48 ^b (0,02)	0,67 ^a (0,02)

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Die Aufgliederung der Fleisch zu Fett-Verhältnisse nach dem Effekt Geschlecht (Tabelle 32) verdeutlicht dessen starken Einfluss. Sauen zeigen bereits zum Zeitpunkt der zweiten Messung, respektive über 50 kg Lebendgewicht, ein günstigeres Fleisch zu Fett-Verhältnis als Börgen (vgl. Tabelle 29).

Tabelle 32: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für das Merkmal Fleisch zu Fett-Verhältnis (MRT) in Abhängigkeit vom Geschlecht

Mess	LG [kg]	Fleisch zu Fett-Verhältnis 1:	
		Börge	Sauen
1.	34	0,31 (0,01)	0,29 (0,01)
2.	51	0,40 ^a (0,01)	0,35 ^b (0,01)
3.	70	0,46 ^a (0,01)	0,39 ^b (0,01)
4.	87	0,51 ^a (0,01)	0,42 ^b (0,01)
5.	119	0,56 ^a (0,01)	0,49 ^b (0,01)

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

4.1.2 Lebendgewichtsentwicklung

Tabelle 33 gibt einen Überblick über den Einfluss der fixen Effekte auf das asymptotische Endgewicht A, die Kurvenparameter b, c sowie den Wendepunkt t_w , das „lokale Minimum t_c und lokale Maximum t_b “. In Abbildung 11 sind die sich daraus ergebenden Wachstumskurven abgebildet.

Tabelle 33: Einflussfaktoren auf Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Lebendgewichtes

Faktor	Lebendgewichtsentwicklung					
	A	b	c	t_w	t_b	t_c
Herkunft	n.s.	***	**	***	***	***
Geschlecht	*	n.s.	**	n.s.	n.s.	*
H*G	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

In Tabelle 34 werden die einzelnen Parameter der asymmetrischen Wachstumskurve sowie die berechneten Wendepunkte t_w , „lokale Maxima“ t_b und „lokale Minima“ t_c jeder Herkunft dargestellt. Der Bereich zwischen t_b und t_c verläuft nahezu linear und wird im Weiteren als „intensives Wachstum“ bezeichnet (vgl. 3.5).

Das Bestimmtheitsmaß R^2 beträgt für alle Herkünfte $\geq 0,93$. Das bedeutet, dass die Anpassung der Wachstumskurven bei allen Herkünften in dem gemessenen Bereich zwischen 30 kg und ca. 120 kg Lebendgewicht als sehr gut zu beurteilen ist. Eine Extrapolation über diesen Bereich hinaus ist daher in gewissem Maße möglich.

Zunächst unterscheiden sich die Herkünfte hinsichtlich des erreichbaren biologischen Endgewichtes A statistisch nicht voneinander, obwohl sich nach der Kurvenmodellierung ein tendenziell höheres Endgewicht bei Du*DL und SH ergibt (siehe Abbildung 11). Bezüglich der Wendepunkte ist festzustellen, dass Du*DL Tiere diesen bereits nach 59 Versuchstagen mit einem Lebendgewicht von 78,5 kg erreichen. BHZP Tiere erlangen diesen nach 73 Tagen mit 76,5 kg, die Herkunft Pi*SH nach 76 Tagen und einem Lebendgewicht von 77,3 kg sowie SH Schweine am 78. Versuchstag mit 78 kg. Die Phase des intensiven Wachstums (t_B) beginnt bei Du*DL bereits nach 24 Tagen bei einem Lebendgewicht von 47,9 kg, wohingegen diese bei BHZP erst nach 37 Tagen (46,7 kg LG), bei Pi*SH nach 39 Tagen (46,8 kg LG) sowie SH nach 39 Tagen mit etwa 47,1 kg LG eintritt. Die intensive Wachstumsphase (t_C) endet wiederum am frühesten bei den Du*DL Tieren, nämlich nach 139 Tagen und einem Lebendgewicht von 147,9 kg. Bei den anderen drei Herkünften schließt diese intensive Phase später ab, jedoch mit ähnlichen Lebendgewichten. Obwohl die intensive Wachstumsphase bei der Du*DL Herkunft am kürzesten ist, legen sie bedingt durch ihre hohen Tageszunahmen schneller an Gewicht zu als die anderen hier getesteten Herkünfte (vgl. Tabelle 25 und Abbildung 11).

Eine Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht ist für dieses Merkmal statistisch nicht nachweisbar.

Tabelle 34: Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Lebendgewichtes der Herkünfte

Parameter	Lebendgewichtsentwicklung			
	BHZP	Du*DL	Pi*SH	SH
A [kg]	208,9	214,4	211,1	214,1
b	0,023 ^a	0,020 ^b	0,024 ^a	0,023 ^a
c	1,163 ^{ab}	1,222 ^a	1,120 ^b	1,086 ^b
Kurvenpunkte (Tage)				
t_w	73,3 ^a	58,9 ^b	76,4 ^a	77,8 ^a
t_B	36,6 ^a	24,4 ^b	39,0 ^b	39,2 ^b
t_c	158,6 ^a	139,1 ^b	163,3 ^a	167,4 ^a
$\Delta = t_c - t_B$	122,0	114,7	124,3	128,2

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Abbildung 11 spiegelt ferner die Gewichte zum Mastbeginn, -ende sowie die -dauer aus Tabelle 25 wider. Zu Versuchsbeginn, also Tag Null der x-Achse in Abbildung 11, sind Du*DL Schweine statistisch nachweisbar schwerer, haben höhere Tageszunahmen und zu Mastende ein höheres Endgewicht als Tiere der anderen Herkünfte.

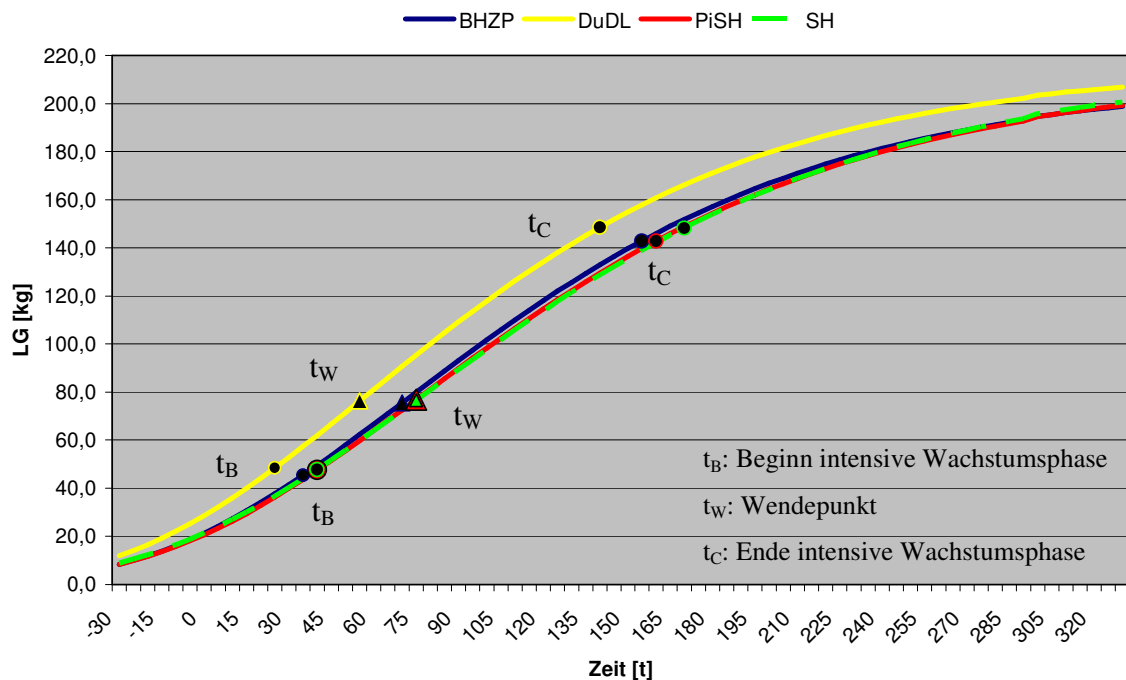


Abbildung 11: Zeitliche Entwicklung der Lebendgewichte verschiedener Schweineherkünfte

Das Geschlecht beeinflusst das biologisch maximal erreichbare Endgewicht in dem Sinne, dass Börgen etwas schwerer werden als Sauen (Tabelle 35). Das lokale Minimum der intensiven Wachstumsphase, also der Übergang vom intensiven zum degressiven Wachstum, tritt bei Börgen schon bei 151 Versuchstagen, was einem Lebendgewicht von 147,6 kg entspricht, und bei Sauen erst bei 163 Tagen (LG 144,8 kg) ein. Hinsichtlich des Beginns der intensiven Wachstumsphase unterscheiden sich die Geschlechter jedoch nicht deutlich voneinander. Sie beginnt bei Börgen nach 34 Tagen mit einem Lebendgewicht von 47,5 kg und bei Sauen nach 36 Tagen und 46,8 kg. Die intensive Wachstumsphase dauert bei Sauen 127 Tage und damit neun Tage länger als bei Börgen. In dieser Zeit nehmen Sauen 98 kg und Börgen 100 kg zu. Den Wendepunkt des Wachstums erreichen Börgen bereits nach 69 Tagen und etwa 79 kg sowie Sauen erst nach 74 Tagen mit 77 kg (vgl. Abbildung 12).

Tabelle 35: Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Lebendgewichtes der Geschlechter

Parameter	Lebendgewichtsentwicklung	
	Börgen	Sauen
A [kg]	214,2 ^b	210,0 ^a
b	0,023	0,023
c	1,192 ^b	1,104 ^a
Kurvenpunkte (Tage)		
t_W	69	74
t_B	34	36
t_C	151 ^b	163 ^a
$\Delta = t_C - t_B$	117	127

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

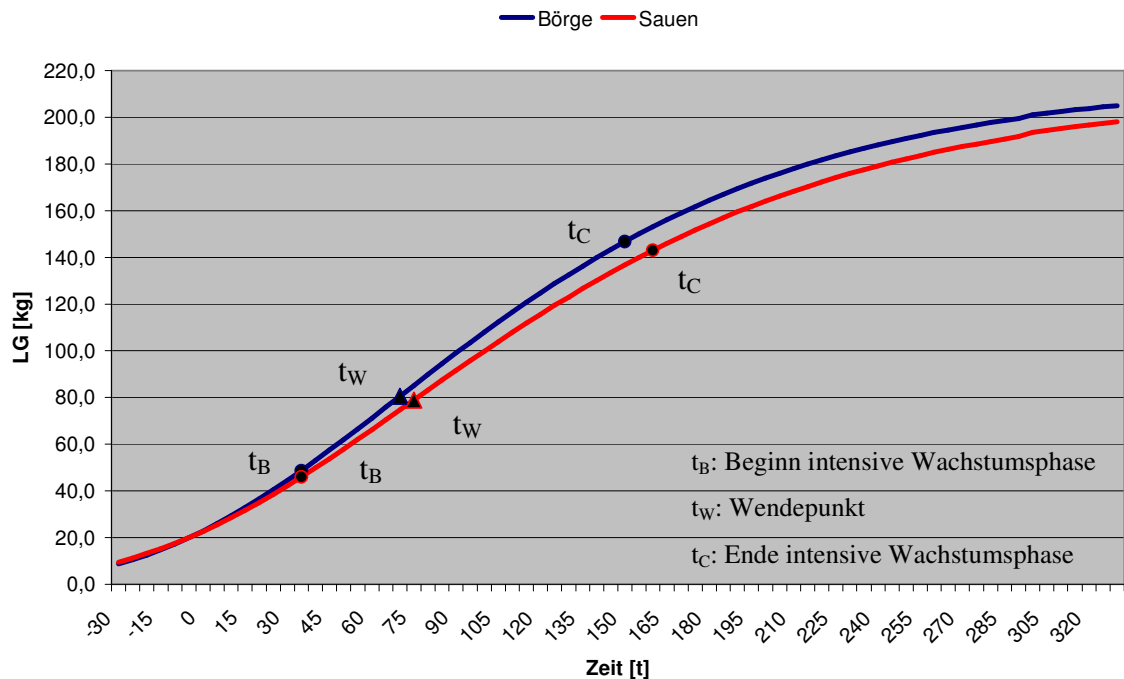


Abbildung 12: Zeitliche Entwicklung der Lebendgewichte von Borge und Sauen

4.1.3 Muskelwachstum

In Tabelle 36 sind die fixen Effekte und deren Einflüsse auf die Kurvenparameter zur Schätzung des Muskelvolumens über das Lebendgewicht und daraus berechnete Kurvenpunkte aufgeführt. Tabelle 37 gibt einen Überblick über die Kurvenparameter. Abbildung 13 stellt die dazugehörigen Wachstumskurven dar. Abbildung 14 zeigt dann graphisch die zeitliche Entwicklung des Muskelvolumens der verschiedenen Schweineherkünfte.

Für die in Abbildung 14, Abbildung 16, Abbildung 18 und Abbildung 20 aufgeführten Kurven wurden zunächst die entsprechenden Lebendgewichte über die Zeit nach Formel (1) (Kap. 3.5) und dann anhand der erhaltenen Lebendgewichte das Muskel- bzw. Fettvolumen nach Formel (2) geschätzt, so dass ein direkter Bezug des Volumens auf die Zeit möglich ist.

Tabelle 36: Einflussfaktoren auf Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Muskelwachstums

Faktor	Muskelwachstum					
	A	b	c	LG _W	LG _B	LG _C
Herkunft	***	***	***	***	***	***
Geschlecht	n.s.	n.s.	***	***	*	***
H*G	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

Nach Tabelle 36 wirkt sich die Herkunft deutlich auf das biologisch maximal mögliche Muskelvolumen aus. Tiere der Herkunft Pi*SH sind in der Lage, ein nachweislich höheres Muskelvolumen auszuprägen als Tiere der anderen drei Gruppen (Tabelle 37). Tiere der reinen Schwäbisch Hällischen Genetik zeigen dagegen das geringste asymptotische Muskelvolumen (vgl. Tabelle 25).

Den Wendepunkt erreichen SH Schweine bereits bei einem Lebendgewicht von 71,2 kg, was 67 Versuchstagen und 25,4 dm³ Muskelvolumen entspricht (Abbildung 13, Abbildung 14). Pi*SH Tiere erreichen den Wendepunkt mit einem Lebendgewicht von 82,6 kg, was 33,5 dm³ Muskel und 81 Tagen im Versuch entspricht. Die Herkünfte BHZP und Du*DL unterscheiden sich nicht deutlich voneinander. Der Wendepunkt der BHZP Genetik liegt bei 77,7 kg Lebendgewicht, einem Muskelvolumen von 31,1 dm³ und 73 Tagen im Versuch. Der Wendepunkt der Du*DL Tiere befindet sich bei 79,6 kg LG, einem Muskelvolumen von 30,8 dm³ und etwa 58 Tagen (Tabelle 37).

Für BHZP, Du*DL sowie Pi*SH kann ein Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,98 und für SH von 0,95 ermittelt werden.

Tabelle 37: Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Muskelwachstums der Herkünfte

Parameter	Muskelwachstum			
	BHZIP	Du*DL	Pi*SH	SH
A [dm³]	84,9 ^b	84,2 ^b	91,5 ^a	69,4 ^c
B	0,032 ^{ab}	0,031 ^b	0,033 ^a	0,031 ^b
c	1,502 ^b	1,416 ^c	1,446 ^{bc}	1,700 ^a
Kurvenpunkte (LG) [kg]				
LG_W	77,7 ^b	79,6 ^{ab}	82,6 ^a	71,2 ^c
LG_B	49,8 ^b	50,1 ^b	53,8 ^a	45,1 ^c
LG_C	142,3 ^b	148,2 ^{ab}	149,7 ^a	131,7 ^c
Δ = LG_C - LG_B	92,5	98,1	95,9	86,6

a, b, c: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Die intensive Wachstumsphase des Muskelgewebes beginnt bei SH Tieren bereits bei einem Lebendgewicht von 45,1 kg, was einem Muskelvolumen von 15,6 dm³ und 37 Versuchstagen entspricht, und endet schon bei 131,7 kg LG nach 144 Versuchstagen bei einem Muskelvolumen von 47,8 dm³. Dazu unterscheiden sich die anderen drei Gruppen signifikant. Die BHZIP Genetik beginnt das intensive Muskelwachstum mit 49,8 kg (18,9 dm³ Muskel und 41 Versuchstage) und beendet es mit 142,3 kg (58,2 dm³ Muskelvolumen und 155 Versuchstagen). Du*DL Tiere beginnen diese mit 50,1 kg LG (18,7 dm³ Muskelvolumen und 28 Tage) und beenden sie mit 148,2 kg LG (57,2 dm³ und 139 Versuchstagen). Pi*SH Schweine beginnen das intensive Muskelwachstum mit dem tendenziell höchsten Lebendgewicht von 53,8 kg, einhergehend mit 20,3 dm³ Muskelvolumen und 48 Versuchstagen und beenden es ebenfalls mit dem höchsten Lebendgewicht von 149,7 kg nach 171 Versuchstagen und einem Muskelvolumen von 62,6 dm³ (Tabelle 37, Abbildung 13, Abbildung 14). Die mit dem Ende der intensiven Muskelwachstumsphase einhergehenden Lebendgewichte können in diesem Versuch als optimale Schlachtzeitpunkte angesehen werden.

Die intensive Phase des Muskelwachstums dauert bei Pi*SH Tieren mit 123 Tagen, dem höchsten Muskelzuwachs von 42,3 dm³ und einer Lebendgewichtszunahme von 98,1 kg am längsten. Die kürzeste Phase ist bei der SH Genetik mit 107 Tagen, einem Zuwachs in dieser Zeit von lediglich 32,2 dm³ Muskelgewebe sowie einer geringeren Lebendgewichtszunahme von 86,6 kg zu beobachten.

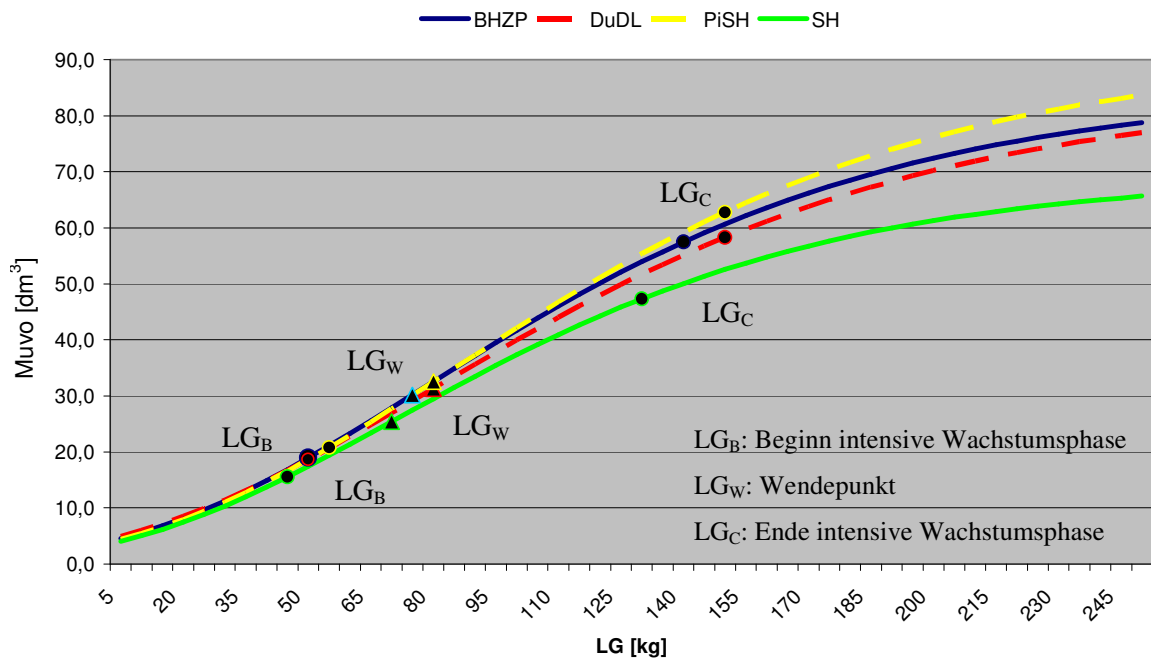


Abbildung 13: Muskelwachstum verschiedener Schweineherkünfte als Funktion des Lebendgewichtes

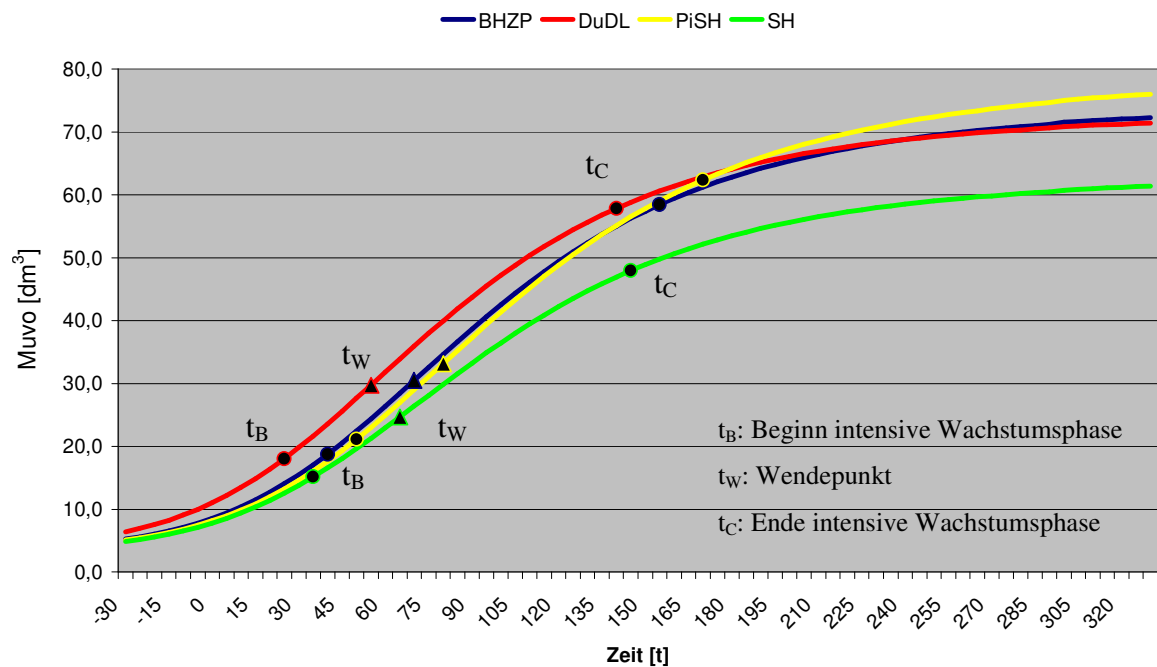


Abbildung 14: Zeitliches Muskelwachstum verschiedener Schweineherkünfte

Einen nachweisbaren Einfluss auf das Muskelvolumen und somit auf Parameter der Schätzkurve (Tabelle 36) besitzt auch das Geschlecht. Hinsichtlich des maximal

erreichbaren Muskelvolumens unterscheiden sich die Geschlechter nicht deutlich voneinander. Dahingegen drücken sich Geschlechtsunterschiede im Lebendgewicht zum Zeitpunkt des Wendepunktes und in Beginn und Ende der intensiven Wachstumsphase aus (Tabelle 36 und Tabelle 38). Sauen erreichen den Wendepunkt bereits bei einem Lebendgewicht von 75,6 kg, was 71 Versuchstagen und einem Muskelvolumen von 30,5 dm³ entspricht (Abbildung 15, Abbildung 16). Börge erreichen diesen mit 80 kg LG, 69 Versuchstagen und einem Muskelvolumen von 30,8 dm³. Bezüglich der intensiven Wachstumsphase ist festzustellen, dass Sauen mit einem Lebendgewicht von 48,6 kg (38 Versuchstage und 18,3 dm³ Muskel) und Börge mit 50,8 kg (37 Versuchstage und 18,4 dm³ Muskel) in das intensive Muskelgewebewachstum eintreten. Bei Sauen endet diese Phase mit 138,2 kg Lebendgewicht (56,4 dm³ Muskulatur und 152 Versuchstagen), bei Börge mit 147,8 kg (56,9 dm³ Muskulatur und 151 Versuchstage).

Damit dauert die intensive Phase des Muskelwachstums bei Börge und Sauen mit 114 Tagen gleich lang. In dieser Zeit zeigen Börge und Sauen einen Muskelzuwachs von etwa 38 dm³. Somit unterscheiden sich zwar die Geschlechter deutlich in der Lebendgewichtszunahme während des intensiven Muskelwachstums, jedoch weder in der Dauer noch im Muskelzuwachs.

Tabelle 38: Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Muskelwachstums bei Sauen und Börge

Parameter	Muskelwachstum	
	Börge	Sauen
A [dm³]	82,9	82,2
b	0,031	0,032
c	1,436 ^b	1,552 ^a
Kurvenpunkte (LG) [kg]		
LG_W	80,0 ^b	75,6 ^a
LG_B	50,8 ^b	48,6 ^a
LG_C	147,8 ^b	138,2 ^a
Δ = LG_C - LG_B	97,0	89,6

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

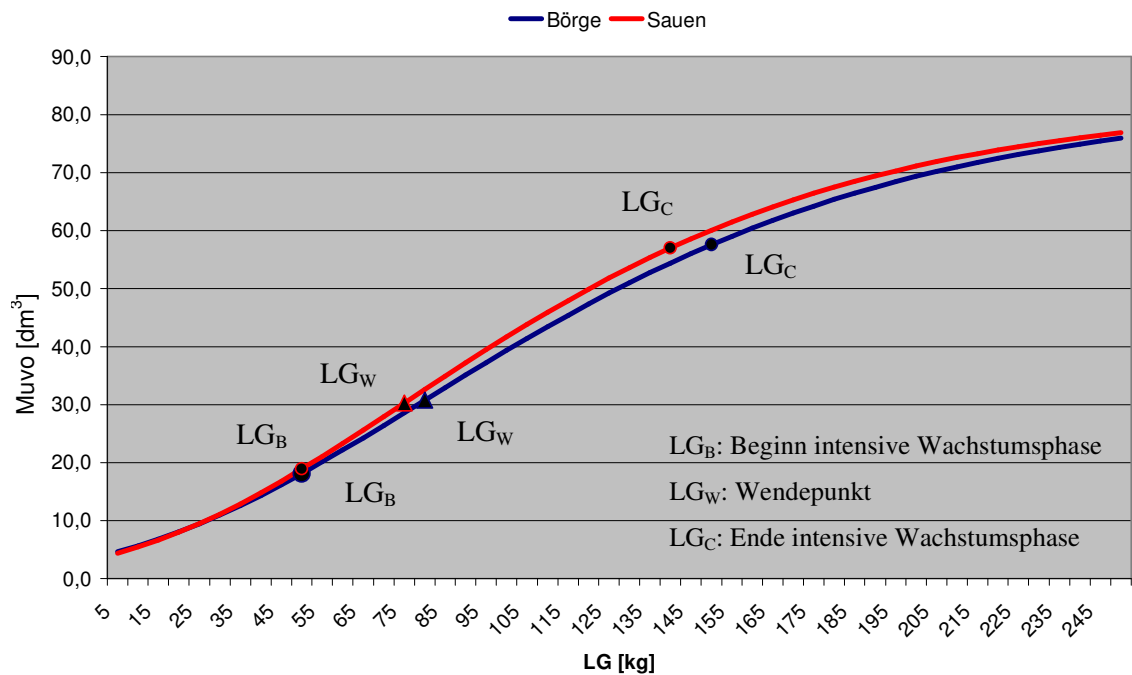


Abbildung 15: Muskelwachstum von Börge und Sauen als Funktion des Lebendgewichtes

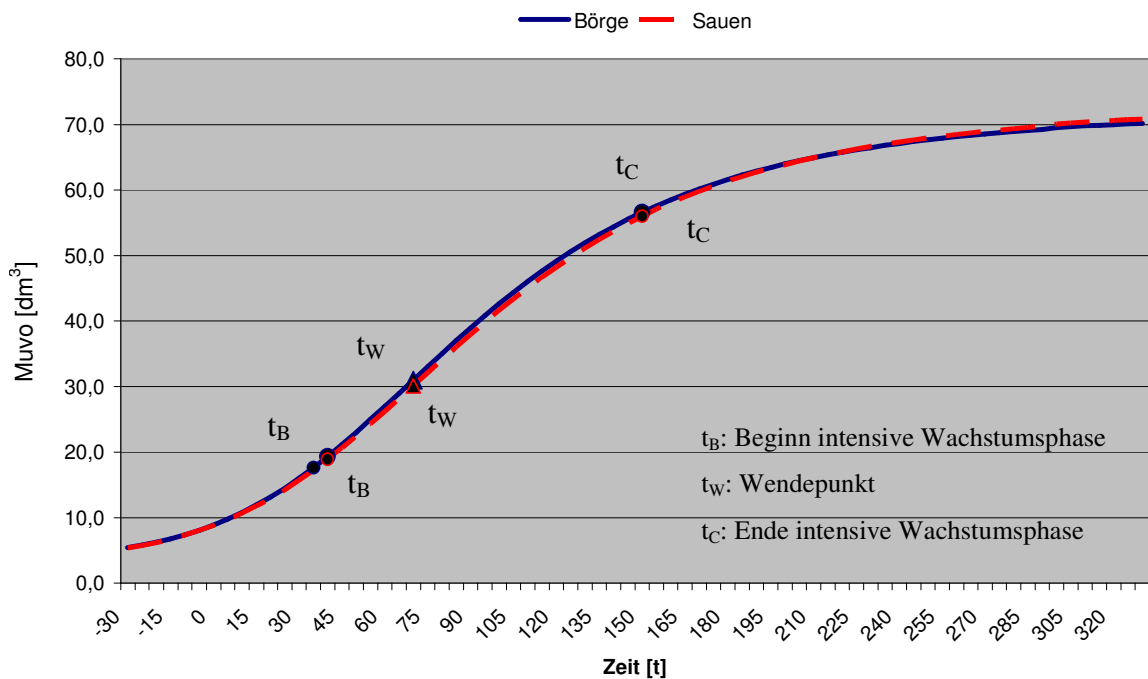


Abbildung 16: Zeitliches Muskelwachstum von Börge und Sauen

Aus Tabelle 36 wird weiterhin ersichtlich, dass eine Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht auf das Merkmal Muskelvolumen besteht. Tabelle 39 gibt einen Überblick

über die erreichbaren Endwerte der Muskelvolumina, getrennt nach Herkunft und Geschlecht. Die Interaktion wirkt sich deutlich auf das biologisch maximal erreichbare Muskelvolumen A aus. BHZP Sauen können ein um $1,2 \text{ dm}^3$ höheres asymptotisches Muskelvolumen erreichen als BHZP Böрге, bei Du*DL Sauen liegt die Differenz bei $1,3 \text{ dm}^3$ im Vergleich zu Du*DL Börgen und bei Pi*SH Sauen bei einem um $2,5 \text{ dm}^3$ höheren maximal möglichen Muskelvolumen. Auffällig dahingegen sind die reinrassigen SH Tiere, da deren Sauen ein um $7,6 \text{ dm}^3$ geringeres asymptotisches Muskelvolumen erreichen als Böрге.

BHZP und Du*DL Böрге und Sauen nehmen in einem Zeitraum von 112 bis 118 Tagen etwa 39 dm^3 Muskelgewebe zu, Pi*SH Böрге und Sauen in 124 Tagen etwa 42 dm^3 und SH Sauen und Böрге in 106 bis 110 Tagen lediglich etwa 32 dm^3 .

Tabelle 39: Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Muskelwachstums in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht

Parameter	BHZP		Du*DL		Pi*SH		SH	
	Böрге	Sauen	Böрге	Sauen	Böрге	Sauen	Böрге	Sauen
A [dm^3]	84,3	85,5	83,5	84,8	90,2	92,7	73,2	65,6
b	0,032	0,033	0,030	0,032	0,032	0,034	0,032	0,031
c	1,469	1,536	1,346	1,486	1,398	1,496	1,530	1,690
Kurvenpunkte (LG) [kg]								
LG_W	78,3	77,0	81,6	77,7	83,9	81,45	76,1	66,2
LG_B	49,9	49,8	50,6	49,6	54,0	53,5	48,7	41,5
LG_C	144,3	140,3	153,6	142,8	153,3	146,2	140,0	123,5
$\Delta =$ LG_C - LG_B	94,4	90,5	103,0	93,2	99,3	92,7	91,3	82,0

4.1.4 Fettwachstum

In Tabelle 40 sind die fixen Effekte und deren Einfluss auf die Kurvenparameter zur Schätzung des Fettvolumens über das Lebendgewicht und daraus berechnete Kurvenpunkte aufgeführt. Tabelle 41 gibt einen Überblick über die entsprechenden Kurvenparameter und in Abbildung 17 sind die dazugehörigen Kurven zu sehen. Das Bestimmtheitsmaß ist $\geq 0,91$. Abbildung 18 zeigt zusätzlich die Entwicklung des Fettvolumens verschiedener Schweineherkünfte über die Zeit.

Tabelle 40: Einflussfaktoren auf Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Fettwachstums

Faktor	Fettwachstum					
	A	b	c	LG _W	LG _B	LG _C
Herkunft	***	n.s.	***	***	***	***
Geschlecht	n.s.	n.s.	*	*	*	*
H*G	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

Zunächst wirkt sich die Herkunft nachweisbar auf das biologisch maximal mögliche Fettvolumen aus. Tiere der Herkunft SH sind in der Lage, ein signifikant höheres Fettvolumen auszuprägen als die anderen drei Gruppen (vgl. Tabelle 25). Pi*SH Schweine zeigen dagegen das geringste Fettvolumen. Weiterhin ergeben sich Differenzen zwischen den genetischen Gruppen im Hinblick auf die Wendepunkte, lokale Maxima und Minima. Den Wendepunkt erreichen Pi*SH Schweine bereits bei einem Lebendgewicht von 87 kg, was 87 Versuchstagen und 15,7 dm³ Fettvolumen entspricht. Du*DL Tiere erreichen den Wendepunkt mit einem Lebendgewicht von 91,8 kg, was 16,5 dm³ Fett und 71 Tagen im Versuch entspricht. Pi*SH unterscheidet sich deutlich von den Herkünften BHZP und SH. Der Wendepunkt der BHZP Genetik liegt bei 97,4 kg Lebendgewicht, einem Fettvolumen von 17,9 dm³ und 95 Tagen im Versuch, der Wendepunkt der SH Tiere bei 98,7 kg LG, einem Fettvolumen von 21,6 dm³ und etwa 101 Tagen.

Tabelle 41: Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Fettwachstums der Herkünfte

Parameter	Fettwachstum			
	BHZP	Du*DL	Pi*SH	SH
A [dm³]	47,9 ^b	44,4 ^{bc}	41,8 ^c	58,3 ^a
b	0,044	0,046	0,044	0,045
c	1,537 ^b	1,661 ^{ab}	1,733 ^a	1,532 ^b
Kurvenpunkte (LG) [kg]				
LG_W	97,4 ^a	91,8 ^{ab}	87,0 ^b	98,7 ^a
LG_B	70,0 ^a	66,3 ^{ab}	62,6 ^b	71,4 ^a
LG_C	161,1 ^a	151,1 ^{ab}	143,8 ^b	162,2 ^a
$\Delta = LG_C - LG_B$	91,1	84,8	81,2	90,8

a, b, c: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Die intensive Wachstumsphase des Fettgewebes beginnt bei Pi*SH Tieren bereits bei einem Lebendgewicht von 62,6 kg, was einem Fettvolumen von 9,4 dm³ und 58 Versuchstagen entspricht, und endet schon bei 143,8 kg LG nach 161 Versuchstagen bei einem Fettvolumen von 29 dm³. Dazu unterscheiden sich signifikant BHZP und SH. Die BHZP Genetik beginnt das intensive Fettwachstum mit 70 kg (10,7 dm³ Fett und 64 Versuchstage) und beendet es mit 161,1 kg (33 dm³ Fettvolumen und 189 Versuchstage) sowie SH bei 71,4 kg (13 dm³ Fettvolumen und 69 Tage) und 162,2 kg (40 dm³ und 196 Versuchstage). SH Schweine beginnen das intensive Fettwachstum also mit dem tendenziell höchsten Lebendgewicht und beenden es ebenfalls mit dem tendenziell höchsten. Du*DL Tiere liegen gewichtsmäßig zwischen Pi*SH und BHZP, da sie die intensive Fettentwicklung mit 66,3 kg LG beginnen (9,9 dm³ und 44 Versuchstage) und mit 151,1 kg (30,6 dm³ und 144 Versuchstage) beenden.

Die intensive Phase des Fettwachstums ist bei den SH Tieren mit 127 Tagen am längsten und geht einher mit dem höchsten Fettgewebezuwachs von 27 dm³, gefolgt von BHZP Schweinen mit 125 Tagen und 22,3 dm³ Zuwachs. Mit einer wesentlich kürzeren Phase von 103 Tagen warten Pi*SH auf (Zuwachs 19,6 dm³) und die kürzeste Phase ist bei der Du*DL Genetik zu beobachten mit lediglich 100 Tagen und einem Zuwachs in dieser Zeit von 20,7 dm³ Fettgewebe.

Es fällt auf, dass die intensive Phase des Fettwachstums bei den Herkünften BHZP 34 Tage, Du*DL 5 Tage und SH 52 Tage länger dauert als die intensive Phase des Muskelwachstums. Dies gilt jedoch nicht für Pi*SH Tiere, bei denen die Phase des intensiven Muskelwachstums 10 Tage länger dauert.

Die anhand der intensiven Muskelphase angenommenen optimalen Schlachtzeitpunkte gehen mit einem Fettvolumen von 29,2 dm³ bei BHZP, 30,1 dm³ bei Du*DL, 30 dm³ bei Pi*SH und 32 dm³ bei SH einher.

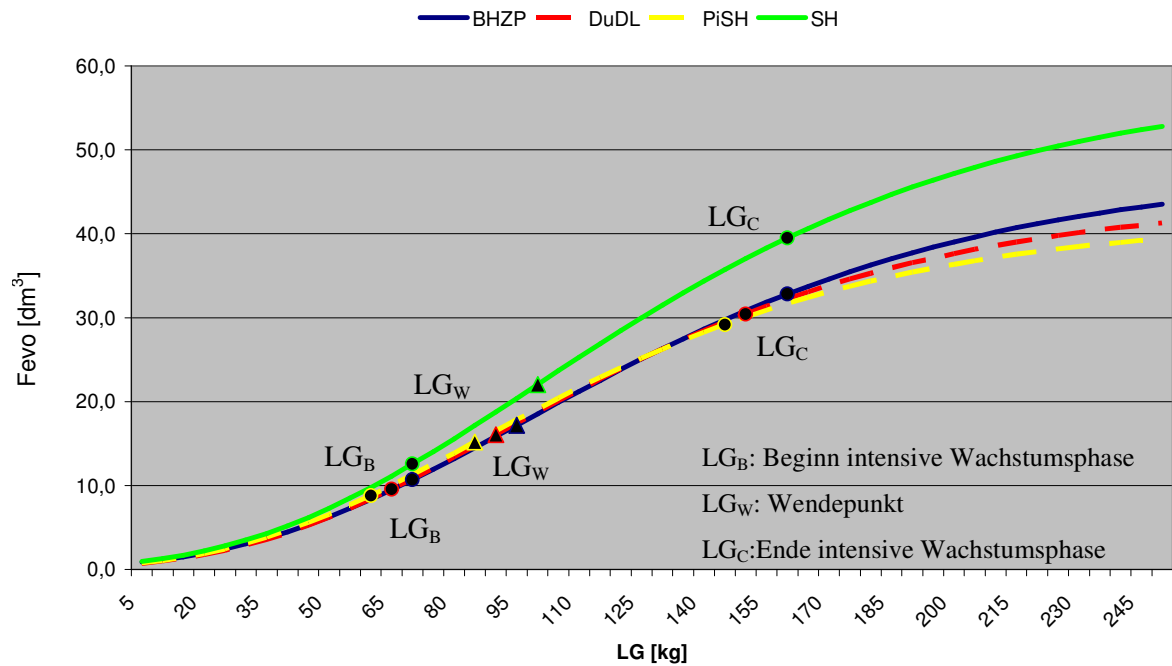


Abbildung 17: Fettwachstum verschiedener Schweineherkünfte als Funktion des Lebendgewichtes

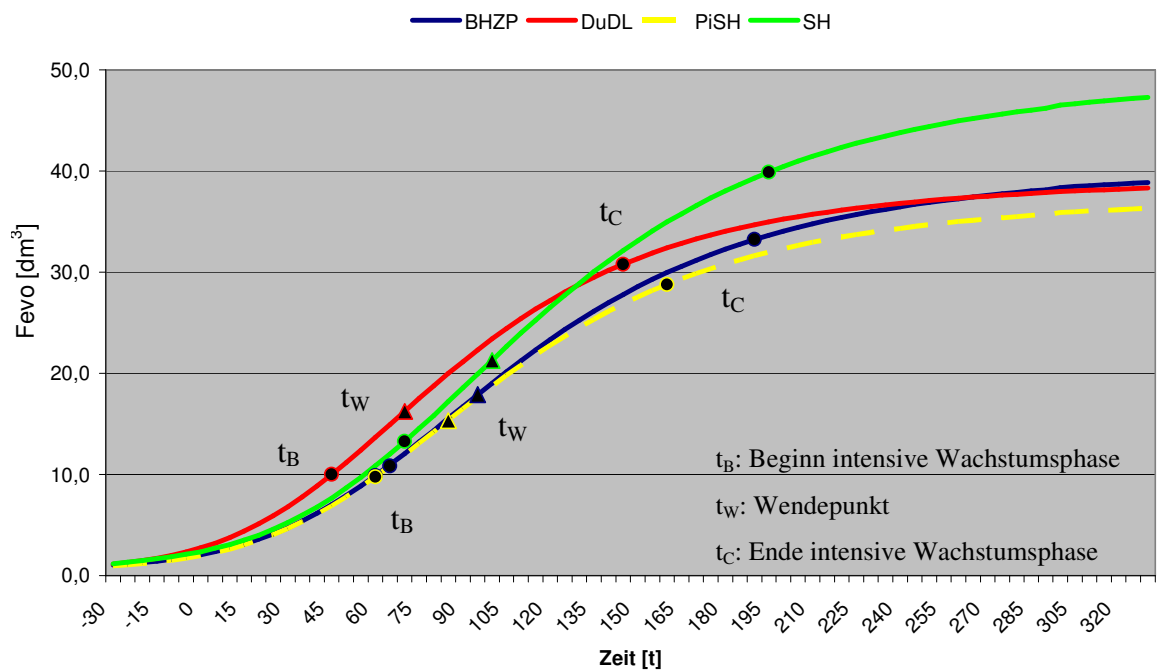


Abbildung 18: zeitliches Fettwachstum verschiedener Schweineherkünfte

Geschlechtsunterschiede drücken sich im Fettvolumen, genau wie beim Muskelvolumen, im Lebendgewicht zum Zeitpunkt des Wendepunktes und im Beginn sowie Ende der intensiven Wachstumsphase aus (Tabelle 40 und Tabelle 42, Abbildung 19 und Abbildung 20). Sauen erreichen den Wendepunkt bereits bei einem Lebendgewicht von 96,1 kg, was 96 Versuchstagen und einem Fettvolumen von 17,6 dm³ entspricht, Börgen erreichen diesen mit 91,3 kg LG, 82 Versuchstagen und 18,3 dm³ Fett. Bezüglich der intensiven Wachstumsphase ist festzustellen, dass Sauen mit einem Lebendgewicht von 69,2 kg (64 Versuchstage und 10,5 dm³ Fett) und Börgen mit 66,0 kg (54 Versuchstage und 11 dm³ Fett) in das intensive Fettgewebewachstum eintreten. Bei Sauen endet diese Phase mit 158,8 kg Lebendgewicht (32,5 dm³ Fettgewebe und 188 Tage im Versuch) und bei Börgen mit 150,3 kg (33,9 dm³ Fett und 156 Tage). Die intensive Wachstumsphase dauert bei Sauen 124 Tage und damit 22 Tage länger als bei Börgen. Jedoch bilden Sauen in dieser Zeit lediglich 22 dm³ Fettgewebe, Börgen dahingegen knapp 23 dm³.

Tabelle 42: Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Fettwachstums bei Sauen und Börgen

Parameter	Fettwachstum	
	Börgen	Sauen
A [dm³]	49,0	47,1
b	0,045	0,045
c	1,663 ^b	1,569 ^a
Kurvenpunkte (LG) [kg]		
LG_W	91,3 ^b	96,1 ^a
LG_B	66,0 ^b	69,2 ^a
LG_C	150,3 ^b	158,8 ^a
Δ = LG_C - LG_B	84,3	89,6

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

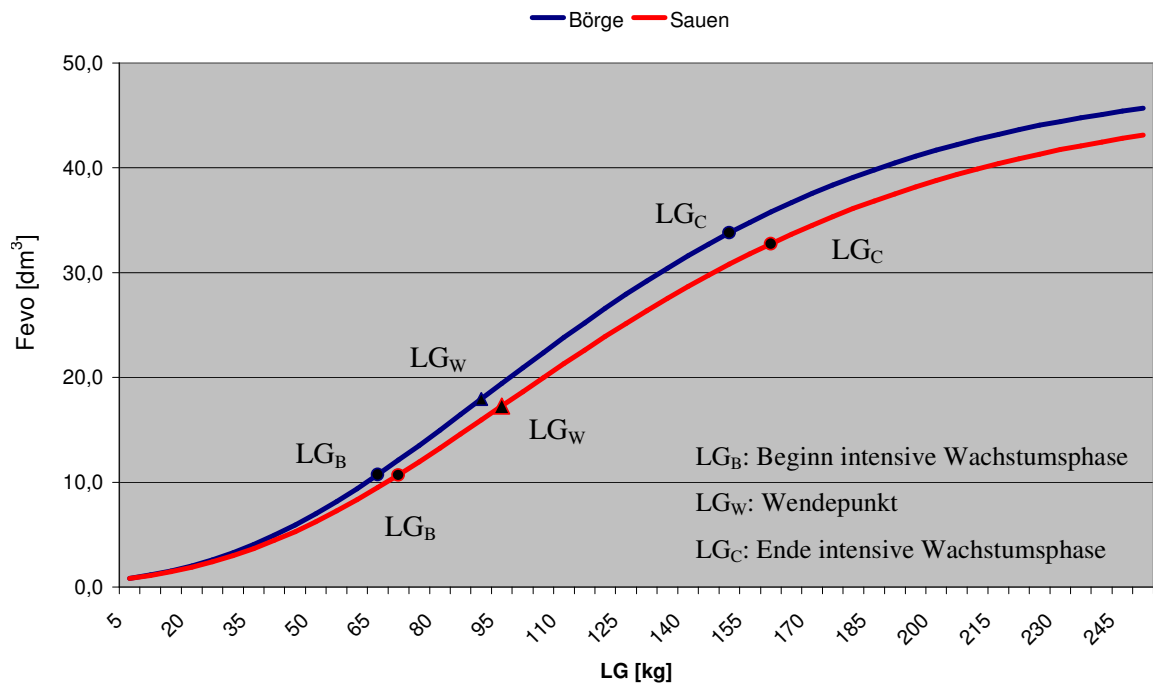


Abbildung 19: Fettwachstum von Börge und Sauen als Funktion des Lebendgewichtes

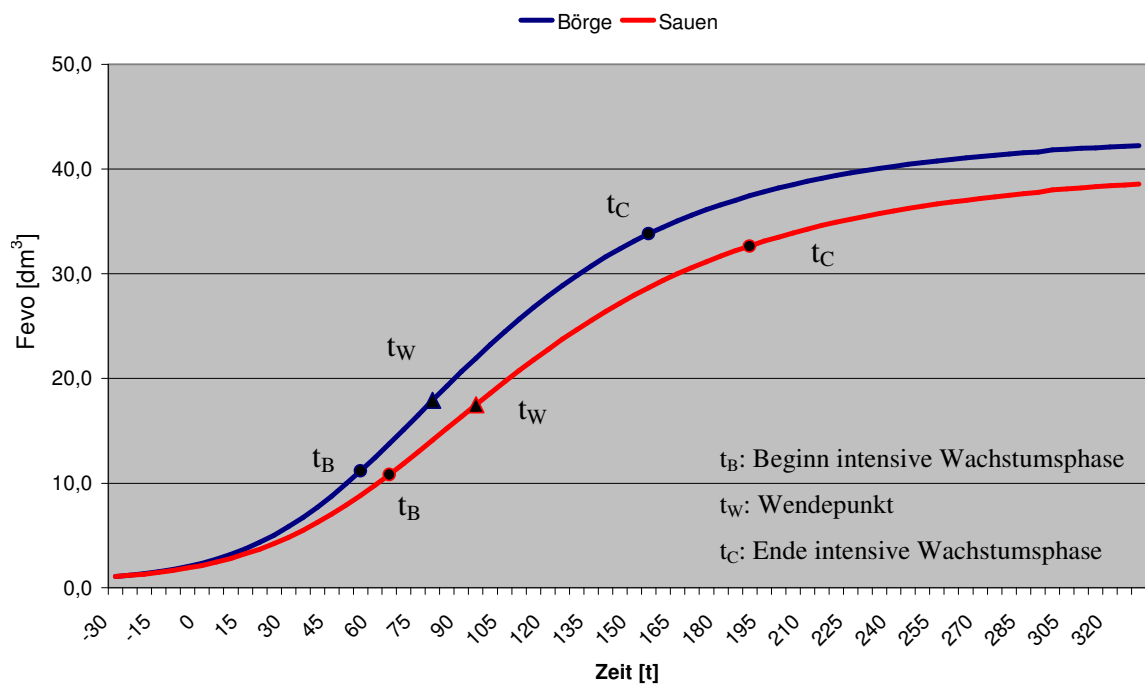


Abbildung 20: Zeitliches Fettwachstum von Börge und Sauen

Weiterhin wirkt sich eine Herkunft*Geschlecht Interaktion auf das asymptotische Fettvolumen aus (Tabelle 40). Tabelle 43 gibt einen Überblick darüber. BHZP Sauen bilden ein um $1,6 \text{ dm}^3$ höheres asymptotisches Fettvolumen als BHZP Börgen, die Differenz bei Du*DL Sauen zu Börgen beträgt minus $8,1 \text{ dm}^3$ und Pi*SH Sauen zeigen ein um 1 dm^3 geringeres asymptotisches Fettvolumen. Lediglich bei reinrassigen SH Tieren beträgt die Differenz zwischen Sauen und Börgen $0,1 \text{ dm}^3$.

Die kürzeste intensive Wachstumsphase zeigen Pi*SH Börgen mit 87 Tagen und $19,6 \text{ dm}^3$ Fettgewebezuwachs. Im starken Kontrast dazu stehen SH Börgen, die innerhalb von 116 Tagen intensiver Wachstumsphase 27 dm^3 Fettgewebe bilden. Pi*SH Sauen setzen in der intensiven Phase von 116 Tagen etwa 19 dm^3 Fett an, wohingegen SH Sauen in 140 Tagen 27 dm^3 Fettgewebe bilden.

Tabelle 43: Parameter der asymmetrischen S-Kurve zur Schätzung des Fettwachstums in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht

Parameter	BHZP		Du*DL		Pi*SH		SH	
	Börgen	Sauen	Börgen	Sauen	Börgen	Sauen	Börgen	Sauen
A [dm^3]	47,1	48,7	48,4	40,3	42,3	41,3	58,3	58,2
b	0,045	0,044	0,046	0,045	0,045	0,043	0,044	0,046
c	1,578	1,496	1,655	1,668	1,865	1,601	1,554	1,510
Kurvenpunkte (LG)								
LG_W	95,1	99,7	92,9	90,8	81,3	92,8	96,1	101,3
LG_B	68,6	71,5	67,3	65,3	58,9	66,3	69,2	73,6
LG_C	156,8	165,2	152,3	149,9	133,3	154,2	158,7	165,8
$\Delta = \text{LG}_C - \text{LG}_B$	88,2	93,7	85,0	84,6	74,4	87,9	89,5	92,2

4.1.5 Anteile Muskel und Fett am Lebendgewicht

Nach entsprechender Umrechnung der Gewebevolumina anhand ihrer Dichte in die Gewichtseinheit [kg] veranschaulichen Abbildung 21 bis Abbildung 24 die Entwicklung des Lebend-, Muskel- und Fettgewichtes für jede Herkunft einzeln. Betrachtet man bei der Herkunft BHZP den für den Mäster wichtigen Gewichtsbereiche von etwa 120 kg LG, dann wird anhand Abbildung 21 ersichtlich, dass der Muskelanteil bei 53 kg und der Fettanteil bei 23 kg liegen. Dies entspricht einem prozentualen Anteil am Lebendgewicht von 44 % Muskel und 19 % Fett. Anhand Abbildung 22 wird erneut ersichtlich, dass sich die hohen täglichen Zunahmen der Gruppe Du*DL nicht durch einen hohen Muskel- und Fettansatz erklären lassen (vgl. Tabelle 25). Nach der Kurvenmodellierung ergibt sich bei einem Lebendgewicht von 120 kg ein Anteil von 51 kg Muskel und 23 kg Fett, was 42 % Muskel und 19 % Fett entspricht. Einen höheren Muskel- und Fettanteil am Lebendgewicht weisen Pi*SH Tiere auf. Diese zeigen bei einem Lebendgewicht von 120 kg einen Muskelanteil von 54 kg (45 % Muskel) und einen Fettanteil von 23 kg (19 % Fett) (Abbildung 23). Nach Abbildung 24 präsentiert die SH Genetik bei einem Lebendgewicht von 120 kg den niedrigsten Muskel- und höchsten Fettanteil am Lebendgewicht mit 47 kg Muskel und 27 kg Fett, was 39 % Muskel und 23 % Fett entspricht.

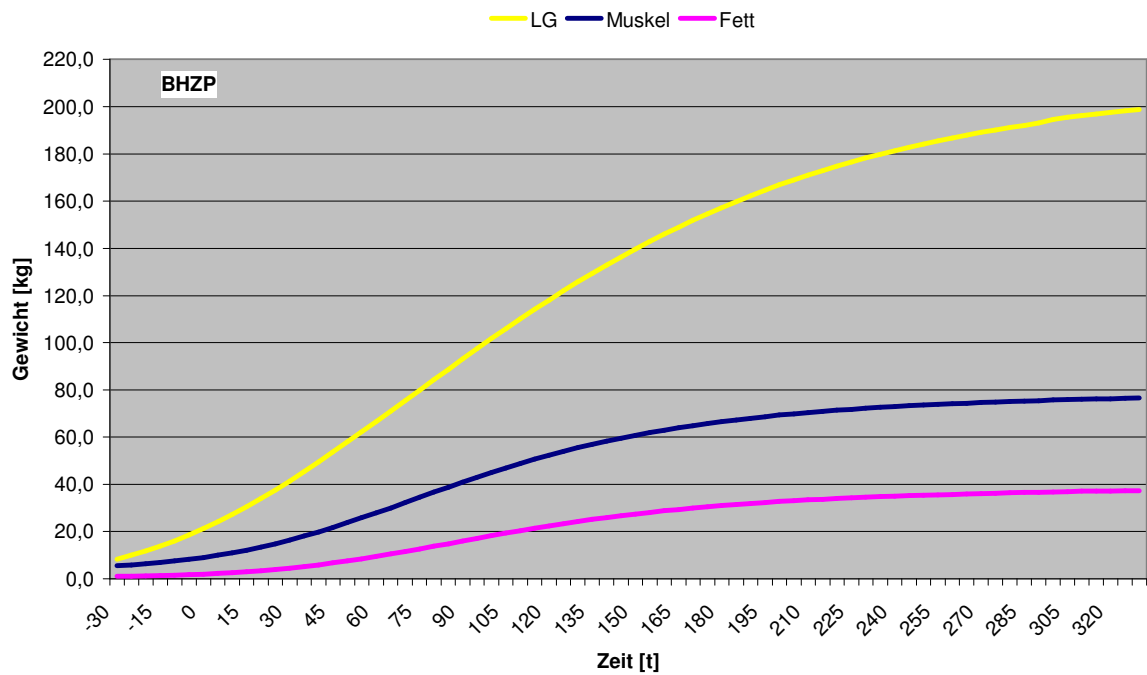


Abbildung 21: Entwicklung des Lebend-, Muskel- und Fettgewichtes bei BHZP

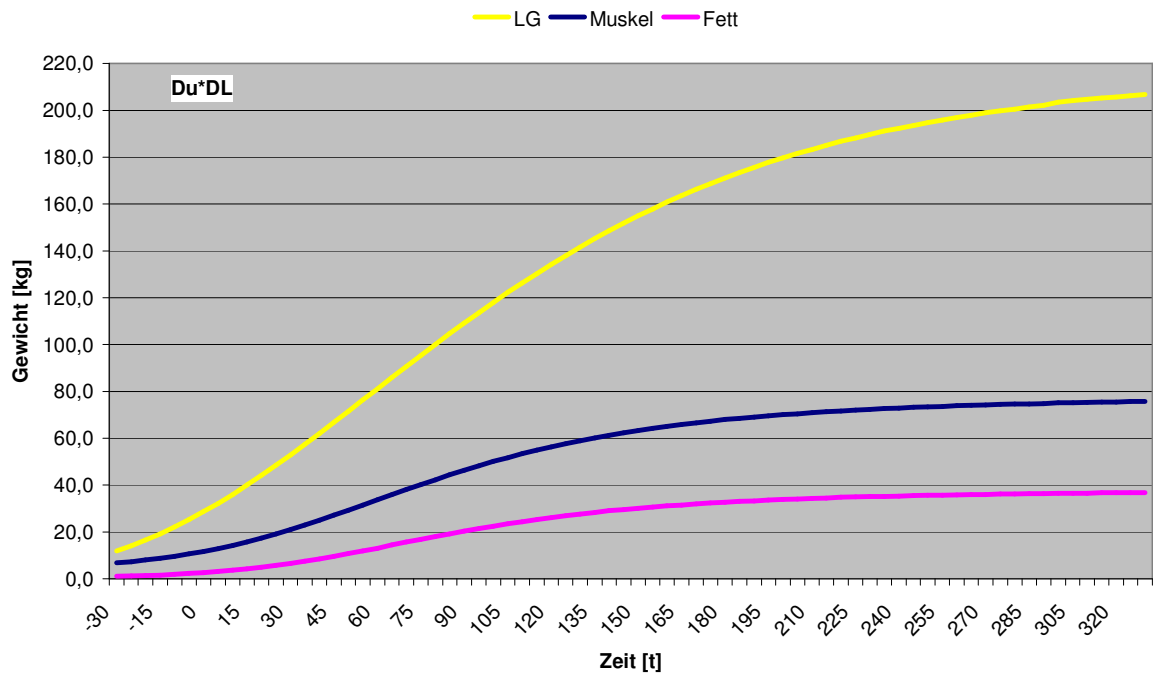


Abbildung 22: Entwicklung des Lebend-, Muskel- und Fettgewichtes bei Du*DL

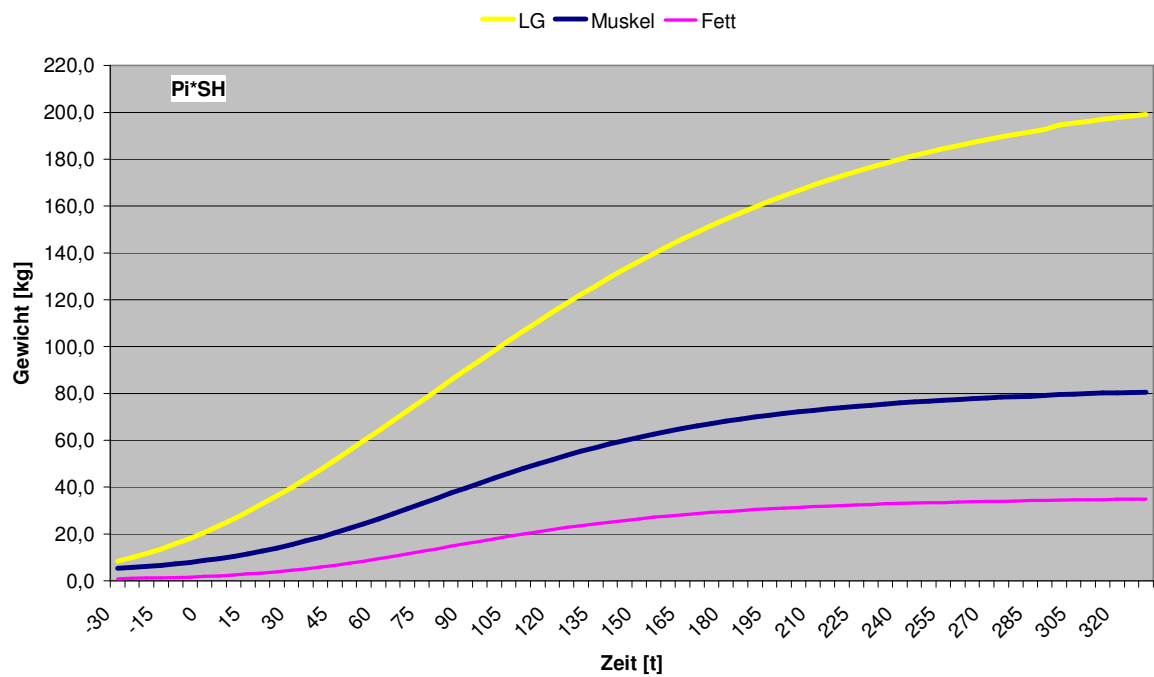


Abbildung 23: Entwicklung des Lebend-, Muskel- und Fettgewichtes bei Pi*SH

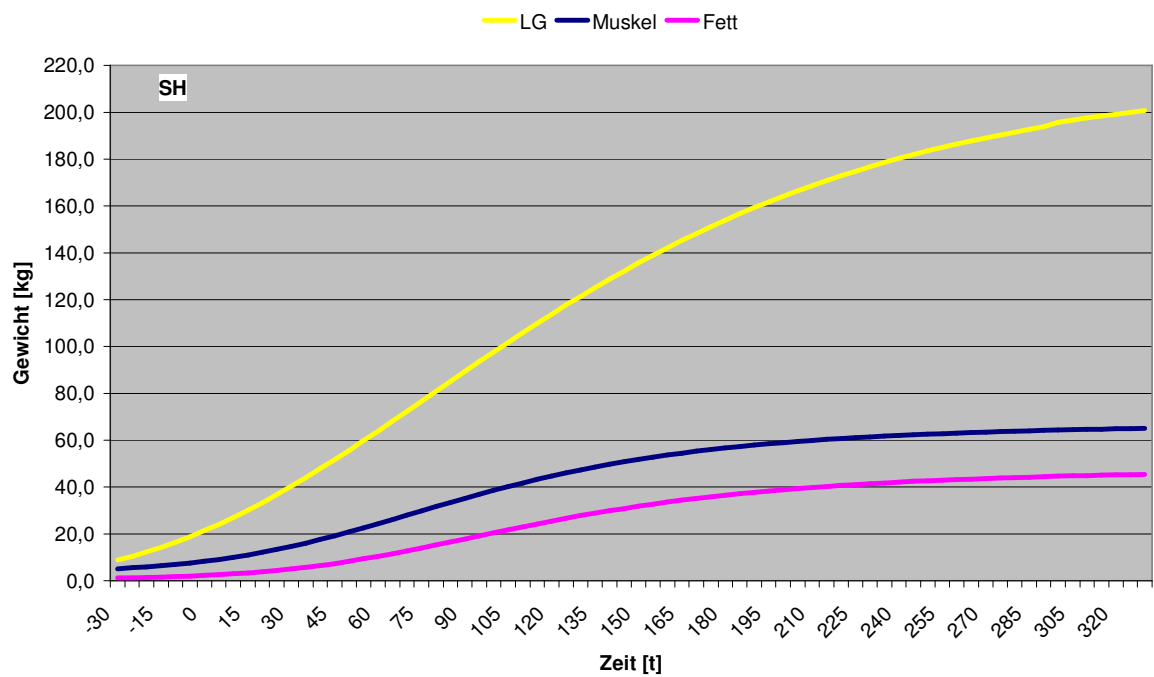


Abbildung 24: Entwicklung des Lebend-, Muskel- und Fettgewichtes bei SH

4.2 Produktqualität

4.2.1 Schlachtkörperqualität

Tabelle 44 stellt den Einfluss der fixen Effekte Herkunft, Geschlecht sowie deren Interaktion dar. Die Herkunft wirkt sich deutlich auf alle Schlachtkörperqualitätsmerkmale aus. Der Effekt Geschlecht zeigt sich ebenfalls als höchst signifikant mit den Ausnahmen Ausschlachtung (Ausschl.) und Schinkengewicht (Schi.gew.). Einen Einfluss hat die Interaktion Herkunft*Geschlecht (H*G) nur für den Magerfleischanteil (MFA), die anderen Merkmale bleiben unbeeinflusst. Die Kovariable Schlachtkörpergewicht (warm) ist, bis auf die Schlachtkörperlänge (SKL), bedeutend für alle Parameter der Schlachtkörperqualität.

Tabelle 44: Einflussfaktoren auf Merkmale der Schlachtkörperqualität

Faktor	Merkmal				
	Ausschl. [%]	SKL [cm]	MFA [%]	RS Mitte [mm]	Schi.gew. [kg]
Herkunft	***	***	***	***	***
Geschlecht	n.s.	***	***	***	n.s.
H*G	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
SKG_{warm} [kg]	**	n.s.	**	***	***

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

Betrachtet man die Merkmale der Schlachtkörperqualität (Tabelle 45), so werden zwischen den Herkünften zunächst Unterschiede in der Ausschlachtung deutlich. Du*DL und SH Tiere zeigen eine signifikant geringere Ausschlachtung. Hinsichtlich der Schlachtkörperlänge ragen dann erneut die Herkünfte Du*DL und SH auf Grund ihrer zwei bis drei Zentimeter längeren Schlachtkörper heraus. Weiterhin fallen bei dem ökonomisch wichtigen Merkmal Magerfleischanteil die SH Tiere auf, da bei diesen der mit Abstand niedrigste Anteil mit 46,3 % nach FOM ermittelt wurde (vgl. Tabelle 25, Abbildung 13, Abbildung 17). Den deutlich höchsten Magerfleischanteil hat die BHZP Genetik mit 53,7 %. Im Merkmal Rückenspeckdicke, Messstelle Rückenmitte, sind bei der SH und Pi*SH Genetik eindeutig höhere Speckdicken zu finden. Konträr zum recht niedrigen Magerfleischanteil der Du*DL Gruppe weist diese hier jedoch die geringste Speckdicke auf. Im Merkmal Schinkengewicht differieren die

Gruppen BHZP, Du*DL und Pi*SH nicht nachweisbar voneinander, wohl aber SH, die das niedrigste Schinkengewicht vorweisen.

Tabelle 45: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) ausgewählter Merkmale der Schlachtkörperqualität in Abhängigkeit von der Herkunft

Merkmal	Herkunft			
	BHZP	Du*DL	Pi*SH	SH
Ausschl. [%]	79,8 ^a (0,3)	78,5 ^b (0,3)	80,5 ^a (0,3)	78,2 ^b (0,3)
SKL [cm]	103,5 ^b (0,5)	105,7 ^a (0,5)	102,7 ^b (0,5)	105,5 ^a (0,5)
MFA [%]	53,7 ^a (0,7)	50,7 ^b (0,7)	51,8 ^{ab} (0,6)	46,3 ^c (0,7)
RS Mitte [mm]	19,2 ^a (0,8)	18,4 ^a (0,8)	23,7 ^b (0,7)	25,9 ^b (0,8)
Schi.gew. [kg]	14,7 ^a (0,1)	14,5 ^a (0,1)	14,6 ^a (0,1)	13,9 ^b (0,1)

a, b, c: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Wie bei den Mastleistungsmerkmalen werden auch bei einigen Schlachtkörperqualitätsmerkmalen statistisch abzusichernde Differenzen zwischen Börgen und Sauen erkennbar (Tabelle 46). An Sauen können etwa 2 cm längere Schlachtkörper gemessen werden als an Börgen. Die höheren täglichen Zunahmen (Tabelle 26), höheren Fett- (Abbildung 19), geringeren Muskelvolumina (Abbildung 15) sowie der höhere Fettansatz (Tabelle 26) von Börgen spiegeln sich in den Schlachtkörpermerkmalen in einem um etwa 3 % niedrigeren Magerfleischanteil nach FOM und in einem Anstieg der Rückenspeckdicke an der Lokalisation Rückenmitte um knapp 3 mm wider. Somit sind die Börgen den Sauen signifikant in den in Tabelle 46 aufgeführten Merkmalen unterlegen.

Tabelle 46: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der Schlachtkörperqualität in Abhängigkeit vom Geschlecht

Merkmal	Geschlecht	
	Börge	Sauen
SKL [cm]	103,3 ^a (0,5)	105,4 ^b (0,4)
MFA [%]	49,0 ^a (0,4)	52,2 ^b (0,5)
RS Mitte [mm]	23,2 ^a (0,5)	20,4 ^b (0,6)

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Eine Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht wirkt sich lediglich auf den Magerfleischanteil nach FOM deutlich aus (Tabelle 44). An BHZP Sauen kann ein um 0,7 % Punkte höherer Magerfleischanteil ermittelt werden als an BHZP Börgen. Die Differenz bei Du*DL Sauen zu Börgen beträgt 5,7 % Punkte, bei Pi*SH Sauen zu Börgen 4,7 % Punkte und bei reinrassigen SH Sauen zu Börgen 1,8 % Punkte (Abbildung 25).

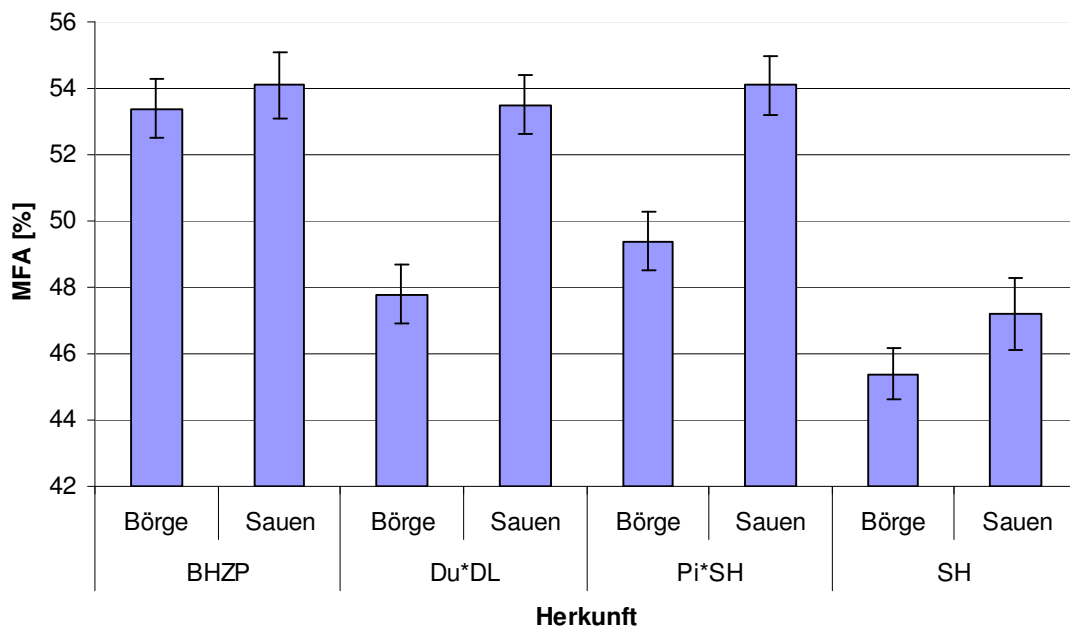


Abbildung 25: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler für den Magerfleischanteil in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht

Weitere Merkmale der Schlachtkörperqualität konnten anhand von Kotelettfotos gewonnen werden (Tabelle 47). Für die mittels Kotelettplanimetrie erfassten Merkmale lassen sich wie schon für die Mastleistungsmerkmale sowie die Schlachtkörperqualität Unterschiede zwischen den Herkünften statistisch absichern. Lediglich für die Seitenspeckdicke (SSP) erweist sich die Herkunft als nicht signifikant. Kein Geschlechtseinfluss ist bei der am Kotelett gemessenen Fleischfläche (FLFLK) wahrzunehmen. Bei der Herkunft*Geschlecht Interaktion kann eine Signifikanz für den Magerfleischanteil nach Bonner Formel (MFA Bn. Formel), das Speckmaß B (SPM B) und die Fettfläche am Kotelett (FEFLK) festgestellt werden (Tabelle 47).

Tabelle 47: Einflussfaktoren auf Merkmale der Schlachtkörperqualität (Kotelettplanimetrie)

Faktor	Merkmal					
	FFV 1:	MFA Bn. Formel [%]	SSP [cm]	SPM B [cm]	FLFLK [cm ²]	FEFLK [cm ²]
Herkunft	***	***	n.s.	***	***	***
Geschlecht	***	*	***	***	n.s.	***
H*G	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	*
Schl.gew.w [kg]	*	n.s.	*	***	*	***

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

Betrachtet man die mittels Kotelettplanimetrie erfassten Merkmale in Tabelle 48, so werden vor allem Differenzen zwischen den drei Gruppen BHZP, Du*DL, Pi*SH auf der einen und SH auf der anderen Seite ersichtlich. SH Tiere erzielen mit einem weiten Fleisch zu Fett-Verhältnis, einem erneut sehr geringen Magerfleischanteil nach Bonner Formel, einem dicken Seitenspeck und Speckmaß B sowie einem geringen Ausmaß der Rückenmuskel- und einem stark ausgeprägten Ausmaß der Fettfläche die schlechtesten Ergebnisse. Im Hinblick auf die Magerfleischanteile, die Speckmaß B Werte sowie die Flächen der Rückenmuskel ergibt sich für die Fettfläche eine von diesen drei Merkmalen abweichende Rangfolge der Herkünfte. Die SH Tiere zeigen zwar die ausgeprägteste Fettfläche, jedoch unterscheiden sich BHZP und Du*DL statistisch gesichert voneinander, da bei BHZP günstigere Werte messbar sind.

Ein Vergleich anhand der Magerfleischanteile nach FOM und Bonner Formel ergibt eine andere Rangierung der Gruppen. Während nach FOM BHZP mit 53,7 % (Tabelle 45) den höchsten Magerfleischanteil aufweist, hat nach Bonner Formel Pi*SH den höchsten.

Tabelle 48: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der Schlachtkörperqualität (Kotelettplanimetrie) in Abhängigkeit von der Herkunft

Merkmal	Herkunft			
	BHZP	Du*DL	Pi*SH	SH
FFV 1:	0,41 ^a (0,02)	0,47 ^a (0,02)	0,44 ^a (0,02)	0,69 ^b (0,02)
MFA Bn. Formel [%]	53,0 ^a (1,0)	52,9 ^a (0,9)	53,4 ^a (0,9)	47,5 ^b (1,0)
SSP [cm]	3,3 (0,2)	3,4 (0,2)	3,7 (0,2)	4,0 (0,2)
SPM B [cm]	1,4 ^a (0,1)	1,6 ^a (0,1)	1,5 ^a (0,1)	2,2 ^b (0,1)
FLFLK [cm²]	43,9 ^a (1,1)	44,0 ^a (1,0)	46,7 ^a (1,0)	38,7 ^b (1,1)
FEFLK [cm²]	17,9 ^c (0,7)	20,6 ^b (0,7)	20,3 ^{bc} (0,6)	25,9 ^a (0,7)

a, b, c: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Wie bei den Schlachtkörperqualitätsmerkmalen in Tabelle 46 werden auch anhand von Tabelle 49 statistisch nachweisbare Unterschiede zwischen Börgen und Sauen nach der Kotelettplanimetrierung deutlich. Hier spiegeln sich ebenfalls die bei Börgen höheren täglichen Zunahmen, die höheren Fett-, geringeren Muskelvolumina und der höhere Fettansatz in einem schlechteren Fleisch zu Fett-Verhältnis, einem niedrigeren Magerfleischanteil nach Bonner Formel, einer höheren Speckdicke und damit einhergehend höheren Fettfläche wider.

Tabelle 49: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der mittels Kotelettplanimetrie erfassten Schlachtkörperqualität in Abhängigkeit vom Geschlecht

Merkmal	Geschlecht	
	Börge	Sauen
FFV 1:	0,54 ^a (0,01)	0,46 ^b (0,02)
MFA Bn. Formel [%]	50,7 ^a (0,6)	52,7 ^b (0,7)
SSP [cm]	4,0 ^a (0,1)	3,2 ^b (0,1)
SPM B [cm]	1,9 ^a (0,1)	1,5 ^b (0,1)
FEFLK [cm²]	22,5 ^a (0,4)	19,8 ^b (0,5)

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Nach der Berechnung der Magerfleischanteile anhand der Bonner Formel und Betrachtung der Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht (Tabelle 50) ist zu erkennen, dass BHZP Sauen einen um 2,6 % Punkte niedrigeren Magerfleischanteil aufweisen als BHZP Börge, wohingegen Du*DL Sauen einen um 3,6 % Punkte höheren Anteil zeigen als Du*DL Börge, Pi*SH Sauen sogar einen um 4,4 % Punkte höheren Anteil als Börge gleicher Herkunft und reinrassige SH Sauen einen um 2,6 % Punkte höheren als SH Börge. Ferner kann bei Du*DL und Pi*SH Sauen ein um 0,5 cm geringeres Speckmaß B als bei Börgen der jeweils gleichen Herkunft ermittelt werden. Bei SH Sauen beträgt die Differenz zu den Börgen jedoch lediglich minus 0,3 cm beim Speckmaß B. Schließlich ist bei BHZP festzustellen, dass die Fettfläche am Kotelett bei Sauen 0,2 cm² kleiner ist als bei Börgen. Dies tritt auch bei Du*DL Sauen auf mit 5,2 cm² kleinerer Fettfläche als bei Du*DL Börgen sowie bei Pi*SH Sauen mit einer Differenz von minus 4,4 cm² und bei reinrassigen SH Sauen mit minus 1,1 cm² verglichen mit den jeweiligen Börgen.

Tabelle 50: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der mittels Kotelettplanimetrie erfassten Schlachtkörperqualität in Abhängigkeit von der Interaktion Herkunft*Geschlecht

Merkmal	BHZP		Du*DL		Pi*SH		SH	
	Börge	Sauen	Börge	Sauen	Börge	Sauen	Börge	Sauen
MFA Bn.	54,3	51,7	51,1	54,7	51,2	55,6	46,2	48,8
Formel [%]	(1,3)	(1,4)	(1,2)	(1,3)	(1,2)	(1,2)	(1,1)	(1,5)
SPM B	1,4	1,4	1,9	1,4	1,8	1,3	2,4	2,1
[cm]	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)
FEFLK	18,0	17,8	23,2	18,0	22,5	18,1	26,5	25,4
[cm²]	(0,94)	(1,01)	(0,91)	(0,92)	(0,91)	(0,88)	(0,83)	(1,10)

4.2.2 Fleisch- und Fettqualität

Im Hinblick auf diese Qualitätsmerkmale zeigen sich Signifikanzen zwischen den genetischen Gruppen lediglich bei den Merkmalen pH₁ im Kotelett, Leitfähigkeit (LF₂₄) im Kotelett, LF₂₄ im Schinken und Fleischhelligkeit. Ein Einfluss des Geschlechts und der Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht ist nicht zu beobachten (Tabelle 51).

Tabelle 51: Einflussfaktoren auf Merkmale der Fleischqualität

Faktor	Merkmal								
	pH ₁	pH ₂₄	pH ₂₄	LF ₁	LF ₂₄	LF ₂₄	Helligk.	TS ₂₄	TS ₄₈
	Kotl.	Kotl.	Schi.	Kotl.	Kotl.	Schi.	L-Wert	[%]	[%]
Herkunft	***	n.s.	n.s.	n.s.	**	***	*	n.s.	n.s.
Geschlecht	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
H*G	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

Der pH-Wert ist ein wichtiges Kriterium zur Bewertung der Fleischqualität, weil er Aufschluss über biochemische Veränderungen (Geschwindigkeit des Glykogenabbaus zu Milchsäure) in den Muskeln gibt. Aus Tabelle 52 geht hervor, dass BHZP Tiere im Kotelett einen statistisch gesicherten höheren pH₁-Wert 45 Minuten p.m. im Vergleich zu den Herkünften Pi*SH und SH aufweisen. Dahingegen unterscheiden sich die Gruppen hinsichtlich der pH-Werte 24 Stunden p.m. im Kotelett und im Schinken nicht nachweisbar voneinander. Anhand der pH-Werte 45 Minuten und 24 Stunden p.m. sind keine Fleischqualitätsmängel zu erkennen, da die Werte 45 Minuten p.m. alle über

pH 6,0 und 24 Stunden p.m. alle unter pH 5,6 liegen. Das Merkmal Leitfähigkeit dient zur Charakterisierung des inter- und intramuskulären Flüssigkeitsaustausches. Die Gruppen unterscheiden sich im Merkmal LF_1 im Kotelett rechnerisch nicht. Eine Differenzierung ist erst mit dem LF_{24} Wert möglich, bei dem jedoch alle im Kotelett gemessenen Werte in einem sehr niedrigen Rahmen liegen. Signifikant höhere $LF_{24 \text{ Kotl.}}$ Werte im Vergleich zu BHZP und Du*DL fallen bei Pi*SH auf. Die nach 24 Stunden im Schinken gemessenen LF Werte lassen die signifikant niedrigsten Werte bei Du*DL und tendenziell höhere Werte bei Pi*SH erkennen. Die $LF_1 \text{ Kotl.}$ Werte geben ebenfalls keinen Hinweis auf einen Qualitätsmangel, da sie alle unter einer Leitfähigkeit von 5 mS/cm liegen. Ein weiteres, die Fleischqualität beschreibendes Merkmal ist die Fleischhelligkeit, die durch den L-Wert quantifiziert wird. Je niedriger der L-Wert, desto dunkler die Farbe. Das Fleisch der SH Genetik ist signifikant heller als das der Du*DL Kreuzung. Ein weiteres wichtiges wirtschaftliches Merkmal ist der Tropfsaftverlust (TS), der kennzeichnend für das Wasserbindungsvermögen ist. Pi*SH Schweine weisen sowohl nach 24 Stunden als auch nach 48 Stunden tendenziell höhere Tropfsaftverluste auf (Tabelle 53). Insgesamt können jedoch keine Hinweise auf einen Qualitätsmangel gefunden werden.

Tabelle 52: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Merkmale der Fleischqualität in Abhängigkeit von der Herkunft

Merkmal	Herkunft			
	BHZP	Du*DL	Pi*SH	SH
pH₁ Kotl.	6,7 ^a (0,04)	6,5 ^{ab} (0,04)	6,4 ^c (0,04)	6,5 ^{bc} (0,04)
pH₂₄ Kotl.	5,5 (0,02)	5,5 (0,02)	5,5 (0,02)	5,5 (0,02)
pH₂₄ Schi.	5,5 (0,02)	5,4 (0,02)	5,5 (0,02)	5,5 (0,02)
LF₁ Kotl. [mS/cm]	3,4 (0,08)	3,3 (0,07)	3,2 (0,07)	3,3 (0,08)
LF₂₄ Kotl. [mS/cm]	2,2 ^b (0,3)	2,1 ^b (0,3)	3,4 ^a (0,3)	2,6 ^{ab} (0,3)
LF₂₄ Schi. [mS/cm]	7,0 ^{ab} (0,6)	5,2 ^b (0,5)	8,2 ^a (0,5)	7,3 ^a (0,5)
Helligk.	50,1 ^{ab}	50,0 ^b	50,3 ^{ab}	51,8 ^a
L-Wert	(0,5)	(0,5)	(0,5)	(0,5)

a, b, c: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Tabelle 53: Überblick über die Tropfsaftverluste je nach Herkunft

Merkmal	Herkunft			
	BHZP	Du*DL	Pi*SH	SH
Varianzanalyse mit nicht normalverteilten Daten				
TS₂₄ [%]	1,6 (0,4)	1,1 (0,3)	2,9 (0,3)	1,8 (0,4)
TS₄₈ [%]	2,8 (0,5)	2,0 (0,5)	4,0 (0,5)	2,9 (0,5)
logarithmische Transformation				
TS₂₄ [%]	0,06 (0,09)	-0,01 (0,09)	0,30 (0,09)	0,07 (0,06)
TS₄₈ [%]	0,36 (0,09)	0,25 (0,08)	0,44 (0,08)	0,30 (0,28)
Rücktransformation				
TS₂₄ [%]	1,1	0,9	1,9	1,1
TS₄₈ [%]	2,2	1,7	2,7	1,9

4.2.3 Sensorik

Tabelle 54 verdeutlicht, dass anhand des Sensorik-Tests an 69 Proben weder zwischen den Gruppen noch den Geschlechtern nachweisbare Differenzen auftreten.

Tabelle 54: Einflussfaktoren auf sensorische Merkmale

Faktor	Merkmal			
	Aroma	Zartheit	Saftigkeit	Gesamteindruck
Herkunft	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Geschlecht	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
H*G	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: nicht signifikant

Tabelle 55 gibt einen Überblick über die im Sensorik-Test bewerteten Merkmale. Bei Pi*SH Tieren fällt eine tendenziell schlechtere Bewertung des Aromas und eine bessere der Saftigkeit auf.

Tabelle 55: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für sensorische Merkmale in Abhängigkeit von der Herkunft

Merkmal	Herkunft			
	BHZZP	Du*DL	Pi*SH	SH
Aroma	3,8 (0,1)	3,9 (0,1)	3,6 (0,1)	3,7 (0,1)
Zartheit	3,6 (0,2)	3,6 (0,2)	3,6 (0,2)	3,5 (0,2)
Saftigkeit	3,7 (0,1)	3,5 (0,1)	3,9 (0,1)	3,6 (0,1)
Gesamteindruck	3,7 (0,1)	3,6 (0,1)	3,6 (0,1)	3,6 (0,1)

4.2.4 Zartheit nach Wolodkewitsch und Instron

Die Zartheit des Musculus longissimus dorsi (M.l.d.) wurde nicht nur subjektiv von einem Sensorik-Testpanel, sondern auch maschinell einerseits mittels Instron und andererseits einer Scherkraftmaschine nach N. Wolodkewitsch getestet. Einen Überblick über die Signifikanzen gibt Tabelle 56, Tabelle 57 verdeutlicht die

Messwerte der unterschiedlichen Methoden. Da mittels Instron versuchsbedingt lediglich 69 Proben untersucht werden konnten, sind die nach Wolodkewitsch erhaltenen Werte einmal für alle Tiere vollständig aufgeführt und ein zweites Mal nur für die Tiere, die ebenfalls mittels Instron untersucht wurden. Es wird ersichtlich, dass sich die Herkünfte unabhängig von der Probenanzahl signifikant unterscheiden, wenn das Merkmal Zartheit mit dem Messinstrument nach N. Wolodkewitsch gemessen wird. Nach Instron differieren weder die Gruppen oder die Geschlechter, noch besteht eine Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht (Tabelle 56).

Tabelle 56: Einflussfaktoren auf das Fleischqualitätsmerkmal Zartheit, nach verschiedenen Methoden gemessen

Faktor	Merkmal Zartheit		
	Messinstr. Wolodkewitsch n = 90	Messinstr. Wolodkewitsch n = 69	Messinstr. Instron n = 69
Herkunft	***	**	n.s.
Geschlecht	n.s.	n.s.	n.s.
H*G	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

Die Messwerte nach N. Wolodkewitsch sagen aus, dass bei der Überprüfung von 90 Proben Du*DL Schweine das zarteste Fleisch aufweisen. Verglichen dazu liegen die Pi*SH und SH Tiere im mittleren Bereich. Ein tendenziell zäheres Fleisch zeigen die BHZP Hybriden. Werden lediglich die 69 Tiere in die Auswertung genommen, die auch mittels Instron untersucht wurden, dann unterscheiden sich erneut BHZP und Du*DL Tiere deutlich voneinander, aber auch Pi*SH und BHZP. Nach Instron kann eine leichte Überlegenheit der Herkünfte SH und Du*DL gegenüber Pi*SH und BHZP erkannt werden. Bei den BHZP Hybriden musste auch hier die höchste Kraft bis zum Abscheren der Probe aufgebracht werden.

Tabelle 57: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für das Merkmal Zartheit, nach verschiedenen Methoden gemessen, in Abhängigkeit von der Herkunft

Merkmal Zartheit	Herkunft			
	BHZP	Du*DL	Pi*SH	SH
nach Wolodk. [kg], n=90	10,4 ^a	7,4 ^b	8,9 ^{ab}	8,6 ^{ab}
	(0,5)	(0,5)	(0,5)	(0,5)
nach Wolodk. [kg], n=69	10,3 ^a	7,4 ^b	8,1 ^b	8,3 ^{ab}
	(0,6)	(0,5)	(0,6)	(0,6)
nach Instron [N], n=69	51,6	43,7	47,5	43,2
	(2,7)	(2,2)	(2,7)	(2,7)

a, b: unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$)

Für die Merkmale der Fettqualität lassen sich zwischen den Herkünften keine Unterschiede statistisch nachweisen. Ein Geschlechtseinfluss kann lediglich beim intramuskulären Fettgehalt (IMF) beobachtet werden. Eine Herkunft*Geschlecht Interaktion kann für kein Merkmal bestätigt werden (Tabelle 58).

Tabelle 58: Einflussfaktoren auf Merkmale der Fettqualität

Faktor	Merkmal					
	NIT		SFA		UFA	
	IMF	kurzkettig	mittel-	lang-	MUFA	PUFA
Herkunft	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Geschlecht	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
H*G	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: nicht signifikant, *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$

Tabelle 59 gibt sowohl einen Überblick über die mittels Nahinfrarot Transmissionsspektroskopie (NIT) erhaltenen prozentualen Werte für intramuskuläres Fett als auch über die mittels Gaschromatographie erfassten absoluten Fettsäuregehalte der Gruppen.

Bei Betrachtung des intramuskulären Fettgehaltes fällt der tendenziell höhere Gehalt bei den Du*DL Schweinen auf, wobei sich die Genetiken jedoch nicht statistisch beweisbar voneinander differenzieren.

Tabelle 59: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler (in Klammern) für Fettqualitätsmerkmale bei vier Herkunft

Merkmal	Herkunft			
	BHZP	Du*DL	Pi*SH	SH
IMF [% der FM]	2,2 (0,2)	2,9 (0,2)	2,6 (0,2)	2,7 (0,2)
SFA [µg/g]				
kurzkettig C8	0,09 (0,03)	0,02 (0,03)	0,02 (0,03)	0,01 (0,03)
mittelkettig C10, C12, C14	0,33 (0,03)	0,30 (0,03)	0,30 (0,03)	0,34 (0,03)
langkettig C15, C16, C18; C19; C20, C21	6,92 (0,84)	5,85 (0,75)	5,87 (0,75)	6,92 (0,78)
Summe [µg/g]	7,34 (2,22)	6,17 (2,00)	6,19 (2,00)	7,27 (2,07)
MUFA [µg/g] C 16:1, C 18:1, C 20:1	7,73 (1,12)	7,43 (1,00)	7,18 (1,00)	8,38 (1,04)
PUFA [µg/g] C 18:2, C 18:3, C 20:2, C 20:3, C 20:4	1,75 (0,92)	2,95 (0,83)	1,36 (0,83)	1,47 (0,86)
Summe [µg/g]	9,48 (1,86)	10,38 (1,67)	8,54 (1,75)	9,85 (1,73)

Börge zeigen mit 2,8 % einen um 0,4 % Punkte signifikant höheren intramuskulären Fettgehalt als Sauen mit 2,4 %.

5 Diskussion

Intention der Arbeit war zu prüfen, ob und inwiefern sich seltene und marktgängige Rassen bzw. Herkünfte hinsichtlich ihres Wachstums und ihrer Produktqualität unter ökologischen Haltungsbedingungen unterscheiden. Im Folgenden wird zunächst die Versuchsdurchführung besprochen, dann die Wahl des Kurvenmodells diskutiert und schließlich auf die Leistungen, in Abhängigkeit der Einflussfaktoren, der am Versuch teilgenommenen Herkünfte eingegangen.

5.1 Besprechung der Versuchsdurchführung

5.1.1 *Haltung und Fütterung*

Nach den zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung geltenden Verordnungen (EG) Nr. 2092/91, 1804/1999 und auch der aktuell gültigen EG-Öko Verordnung Nr. 834/2007 sowie der Durchführungsverordnung (EG) Nr. 889/2008 ist Öko-Schweinen eine Außenfläche zur Verfügung zu stellen, die nach Anhang VIII der aufgehobenen Verordnung (EG) Nr. 1804/1999 bei Mastschweinen bis 110 kg 1 m²/Tier betragen musste. Baulich bedingt war eine Außenfläche im Versuchsstall jedoch nicht möglich. Nach Millet et al. (2005) ergeben sich durch die Haltungs- und Fütterungsbedingungen des ökologischen Landbaus keine Unterschiede in der Fleischqualität der Schweine. Dies konnten Beattie et al. (2000) nicht bestätigen. Das größere Platzangebot führt zu einer höheren Futteraufnahme, höheren Tageszunahmen und fetteren Schlachtkörpern (Beattie et al. 2000, Hamilton et al. 2003, Millet et al. 2005). Enfält et al. (1993) sowie Gentry et al. (2002) stellten keinen Einfluss des Platzangebotes auf die Mastleistung und Schlachtkörperqualität fest. Den Versuchsschweinen in dieser Untersuchung standen je nach Gruppengröße 1,7 bis 2,5 m²/Tier zur Verfügung. Die Summe der zur Verfügung stehenden Fläche für Mastschweine bis 110 kg musste nach Anhang VIII der aufgehobenen Verordnung (EG) Nr. 1804/1999 mindestens 2,3 m² betragen, so dass die im Versuch zur Verfügung stehende Fläche teilweise darunter lag. Bei nachfolgenden Versuchen für den Ökolandbau sollte darauf geachtet werden, den Tieren den rechtlich geforderten Platz und einen Auslauf zu bieten, was nach Anhang III der Durchführungsverordnung (EG) Nr. 889/2008 bei Mastschweinen über 110 kg Lebendgewicht 1,5 m² Nettostallfläche und 1,2 m² Außenfläche entspricht.

Hinsichtlich des optimalen Wachstums müssen nach Schinckel and de Lange (1996) sowie Emmans and Kyriazakis (1999) die Nahrung als auch die Umwelt der Tiere optimal sein. Für weitere Versuchsdurchführungen ist neben dem gesetzlich vorgeschriebenen Platzangebot auch zu hinterfragen, ob es sinnvoll ist, verschiedene Herkünfte, die aus unterschiedlichen Umwelten zusammen aufgestellt wurden, gemeinsam aufzustallen. Falls es die Gegebenheiten zulassen, sollten verschiedene Herkünfte aus unterschiedlichen Ställen zunächst in separaten Stalltrakten gehalten werden, um zu Mastbeginn Wachstumsdepressionen zu vermeiden und den Tieren eine Akklimatisierung an die neue Umwelt zu bieten.

In der Versuchsdurchführung und im Hinblick auf die Praxisempfehlung ist sowohl die Einphasenmast als auch die ad libitum Fütterung als kritisch anzusehen. Die Mastschweine wurden einphasig ad libitum gemästet, um möglichst das potenzielle Wachstum der Herkünfte zu erreichen. Dies führte jedoch dazu, dass die Mastschweine zu Beginn der Mast eine geringe Unterversorgung mit Rohprotein, ab der Mastmitte jedoch eine deutliche Proteinübersversorgung hatten (Kirchgessner 1997). Da qualitativ hochwertige Proteinträger gerade im Ökolandbau teuer sind, ist es sowohl ökonomisch als auch wegen erhöhter Stickstoff- und Phosphorausscheidungen ökologisch von Interesse, die Mastschweine mehrphasig zu mästen. Ein weiterer Aspekt sind die im Versuch durch ad libitum Fütterung in offenen Futtertrögen festgestellten Futterverluste. Durch die Gruppenhaltung konnten einerseits nicht die Futteraufnahme und andererseits nicht die Futterverwertung pro Tier als wichtige Kennzahlen ermittelt werden. Dies macht eine sichergestellte bedarfsgerechte Nährstoffzufuhr schwierig, was sich wiederum auf die Mastleistung und die vom Markt geforderte Schlachtkörperqualität auswirken kann (Kirchgessner 1997). Es ist anzunehmen, dass die Schlachtkörperqualität der eingesetzten Herkünfte den Marktanforderungen eher entsprechen würde, wenn eine Mehrphasenmast durchgeführt und anstelle einer ad libitum Fütterung im späteren Mastverlauf eine, besonders für Kastraten, restriktive oder getrenntgeschlechtliche Fütterung gewählt würde (Jeroch et al. 1999).

Hinsichtlich des Wachstums verweisen Pfeiffer et al. (1984) darauf, dass das Vernachlässigen der Nahrungsaufnahme eine starke Vereinfachung darstellt. Ihrer Meinung nach kann gerade die Nahrungsaufnahme Streuungen in die Wachstumsdaten „tragen, die nicht der genetischen Streuung entsprechen, diese aber überlagern“. Ferner ist nach Pfeiffer et al. (1984) die Quantifizierung der Nahrungsaufnahme schwierig. Sie stellen jedoch in Aussicht, dass bei ad libitum gefütterten Tieren davon ausgegangen

werden kann, dass „der Protein- und Energiegehalt des Futters die Futteraufnahme so regulieren, dass der Einfluss der Nahrung vernachlässigt werden kann“. Vorteilhafter für nachfolgende Versuche wäre, die Futteraufnahme zu kontrollieren oder eine Wachstumsgleichung zu erarbeiten, die sowohl Zeit als auch Nahrung berücksichtigt.

5.1.2 *Herkünfte*

In dem aufgeführten Versuch wurden marktübliche, weit verbreitete Hybridschweine der Herkunft BHZP, als Einfachkreuzungen Du*DL sowie Pi*SH und als alte Rasse SH Schweine eingesetzt, wodurch ein möglichst weitreichendes genetisches Spektrum überprüft werden sollte (vgl. Kap. 3.2.1). DL Sauen wurden mit Du Ebern angepaart, um eine ggf. bessere Fleischqualität durch Erhöhung des IMF Gehaltes überprüfen zu können. Hierin hätte ein Ansatz für den Ökolandbau bestehen können, das Qualitätsprofil ökologisch erzeugten Schweinefleisches durch den Einsatz der Du Genetik zu spezifizieren. Um den Forderungen des ökologischen Landbaus nach alten, seltenen und robusten Rassen gerecht zu werden, wurden SH Schweine als Reinzucht und in Anpaarung mit fleischreichen Pi Ebern gewählt. Durch das Anpaaren mit einem intensiv genutzten Genotypen sollten nach Möglichkeit marktkonformere Schlachtkörper erzeugt werden, ohne gänzlich auf eine alte Rasse zu verzichten (vgl. Nischenprodukt der Bäuerlichen Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall).

Wie Tabelle 12 entnommen werden kann, wurden im ersten Durchgang lediglich SH-Reinzucht-Börge aufgestellt. Dies lag an Lieferengpässen der Bäuerlichen Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall. Insgesamt konnten daher doppelt so viele SH-Börge als SH-Sauen untersucht werden. Weiterhin war es von Seiten der Erzeugergemeinschaft nicht möglich, die vollständige Abstammung der SH und Pi*SH Tiere anzugeben. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass ein Teil der Tiere miteinander verwandt war, was zu Leistungsverzerrungen geführt haben könnte. Auf Grund der teilweise ungeklärten Abstammung der Pi*SH Tiere war der MHS-Status nicht bekannt, weshalb ein MHS-Gentest durchgeführt wurde. Hierbei ergab sich, dass im ersten Durchgang fünf Pi*SH Tiere, vier weibliche und ein Borg, heterozygot stressresistent waren. Hinsichtlich der statistischen Auswertung zeigte sich jedoch keine Beeinflussung der Signifikanzen oder Rangfolgen, weshalb diese Tiere nicht von der

Statistik ausgeschlossen wurden. Bei weiteren Versuchen sollte darauf geachtet werden nur reinerbig stressstabile Pi-Eber zur Erzeugung von Mastenprodukten einzusetzen. Ferner fällt anhand Tabelle 11 auf, dass lediglich eine Du*DL Sau den Versuch nicht beenden konnte, wohingegen die Verluste bei den anderen drei Herkünften höher lagen. Als nachteilig, wie bereits in Kap. 5.1.1 erwähnt, ist anzusehen, dass vier Herkünfte aus unterschiedlichen Erzeuger-Ställen im Versuchsstall gemeinsam aufgestellt wurden. Dies kann mit einem hohen Infektionsdruck einhergehen und vor allem Stress für die Tiere bedeuten. Die Du*DL Tiere wurden in der hauseigenen Schweineversuchsanlage angepaart und aufgezogen. Sie hatten demnach den geringsten Transportstress. Ein weiterer Nachteil für den Versuch bestand darin, dass die Geburtsdaten der eingesetzten Tiere nicht vollständig vorlagen. Nach Kusec (2001, 2007), der seine Ergebnisse über einen längeren Zeitraum publizierte, ist es vorteilhaft, vorliegende Geburtsdaten als abhängige Variable für das Alter bei der Kurvenmodellierung zu nutzen. Auf Grund der unvollständigen Daten wurden als abhängige Variable die Tage im Versuch bzw. für das Modellieren der Muskel- und Fettvolumina das Lebendgewicht gewählt. Beim Vergleich mit den, von Kusec (2001, 2007) geschätzten Wachstumsdaten muss also die Zeit von der Geburt bis zum Einstellen der Öko-Versuchtiere bedacht werden.

5.2 Wachstum

Die im Versuch mittels MRT gewonnenen Daten zur Modellierung des Muskel- und Fettwachstums (Baulain 1997) sind kaum vergleichbar mit anderen Studien bzw. reproduzierbar zu anderen Datensätzen. Auf der einen Seite bestehen unterschiedliche bildgebende Verfahren wie CT (Luiting et al. 1995, Szabo et al. 1999, Kolstad 2000, Kolstad (2001), real-time Ultraschall (Akridge et al. 1992, Liu and Stouffer 1995) oder Doppelröntgen-Absorptiometrie (DXA) (Mitchell et al. 1998a, Mitchell et al. 1998b, Lukaski et al. 1999, Koo et al. 2002, Scholz und Förster 2006). Auf der anderen Seite basiert die Schätzung der Körperzusammensetzung zum Teil auf Regressionsgleichungen (Griep 1991, Scholz 1994, Liu and Stouffer 1995, Kastelic et al. 1997, Karnuah et al. 2001, Tholen et al. 2003) oder es werden andere Kurvenmodelle zur Modellierung des Wachstums angewandt (vgl. Kap. 2.1.1.1) (Emmans and Kyriazakis 1999, Schinckel and Craig 2001, Köhn et al. 2007). Eine weitere Methode ist die Schätzung des Protein- und Fettansatzes im Hinblick auf den Erhaltungsbedarf

und die Futteraufnahmen (Bastianelli and Sauvant 1997, Knap 2000a, Knap 2000b, Knap et al. 2003, Pomar et al. 2003, Halas et al. 2004a, b). De Greef (1995) merkte an, dass Mageres verschiedenst definiert werden kann, z. B. „als große von einem Schlachtkörper sezierbare Muskelgruppen“. Diese können zwischen 45 % bis 60 % des Schlachtkörpers ausmachen, Fettgewebe über 15 % bis 25 %, was die Ergebnisse in Kap. 4.1.5 ebenfalls zeigen.

Die einzige, von der Methodik her vergleichbare Studie stellt die von Kusec (2001, 2007) dar. Es wurde ebenfalls die MRT als bildgebendes Verfahren an Schweinen genutzt und später das Wachstum mittels asymmetrischer S-Kurve modelliert. Lediglich die konventionellen Haltungsbedingungen, Fütterungsintensitäten sowie die Genetik BHZP (NN und Nn) sind nur eingeschränkt vergleichbar.

5.2.1 Wahl des Kurvenmodells

Kurvenmodelle stellen ein Hilfsmittel zur Beschreibung biologischer Prozesse dar. Diese sind jedoch stark abhängig von Umwelt und Genetik, weshalb keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden können. Die Wahl des Kurvenmodells basierte zunächst auf den zumeist in der Literatur bei Schweinen angewandten Kurvenmodellen nach Gompertz, Richards sowie der bisher seltener eingesetzten asymmetrischen S-Kurve. Die Funktion nach Gompertz besitzt einen festen Wendepunkt, wohingegen die beiden letztgenannten einen flexiblen aufweisen. Nach Gille (1989) erscheint es günstig, wenn die Wachstumsfunktion einen flexiblen Wendepunkt aufweist. Hierdurch kann vermieden werden, dass die Wahl des Kurvenmodells mehr den Wendepunkt bestimmt als die, aus der MRT zugrunde liegenden Daten. Dies würde auch den für den Versuch gewählten Herkünften widersprechen, die unterschiedlich züchterisch intensiv in den letzten Jahrzehnten bearbeitet wurden. Gille (1989) merkte an, dass bis dahin kein Kurvenmodell mit weitreichender Anwendbarkeit ersichtlich ist.

Dies zeigte sich dann auch beim Anpassen der Funktionen an die Datensätze. Mit Hilfe der asymmetrischen S-Kurve erfolgte eine gute Approximation an den Messwertverlauf, die Bestimmtheiten waren am höchsten. Ferner konnte im Hinblick auf das Endgewicht ein biologisch realistisches widergespiegelt werden. Die in der Literatur angegebenen Endgewichte von Schweinen schwanken von etwa 168 kg bis 498 kg (Davies 1984,

Emmans and Kyriazakis 1999, Schinckel and Craig 2001, Lawrence and Fowler 2002, Kusec 2007, Schulin-Zeuthen et al. 2007). Auffällig ist, dass die von Schulin-Zeuthen et al. (2007) mittels verschiedener Funktionen geschätzten Lebendendgewichte deutlich höher liegen.

Die in dieser Arbeit geschätzten Endgewichte sind jedoch kritisch zu betrachten, weil die Versuchstiere lediglich bis etwa 120 kg Lebendgewicht gemästet wurden und dementsprechend keine höheren Messdaten zur Verfügung standen.

Nach Løpez et al. (2000) ist es wichtig, Tiere bis zum Erreichen ihrer Endgröße zu beobachten. Dies war im vorliegenden Versuch jedoch nicht möglich, da der Durchmesser der Röhre des Tomographen als limitierender Faktor gegeben war. Die zu untersuchenden Schweine passten lediglich bis zu einem Gewicht von etwa 120 kg in den Tomographen und eine Untersuchung bis zum Erreichen des tatsächlichen Endgewichtes war nicht möglich. Ferner ist es natürlich auch ein wirtschaftlicher Faktor, die Schweine bis zum Erreichen des tatsächlichen Endgewichtes zu halten und auf eine sinnvolle Bewertung sowie den Erlös des Schlachtkörpers zu verzichten.

Dies erklärt, warum die asymptotischen Endgewichte nach dem Modellieren eventuell niedriger liegen als reale. Bei Annahme eines höheren asymptotischen Endgewichtes wurde jedoch die Differenz zu den beobachteten Werten zu groß und die Schätzung somit ungenauer.

5.2.2 Mastleistung

Die Mastleistung der vier Herkünfte wurde in diesem Versuch mittels der täglichen Zunahmen, der Mastdauer sowie der mittels MRT erfassten Daten über die Gewebeentwicklung charakterisiert:

5.2.2.1 Einfluss der Herkunft

Die in diesem Versuch von den Herkünften erreichten Tageszunahmen von über 780 g und eine Mastdauer von höchstens 118 Tagen können insgesamt als zufrieden stellend beurteilt werden (Tabelle 25). Verglichen mit Ebke und Sundrum (2005), die durchschnittliche Tageszunahmen von 657 g und eine durchschnittliche Mastdauer von 150 Tagen bei Bioschweinen erwähnten, liegen die erzielten Tageszunahmen deutlich höher und ist die Mastdauer kürzer. Es könnten damit je nach Management und Herkunft knapp drei Mastdurchgänge im Jahr eingestellt werden, was generell als gut zu

beurteilen ist. Ähnlich hohe Tageszunahmen erreichten Krüger et al. (2004), Millet et al. (2004), Weißmann et al. (2005a) und Hansen et al. (2006) in ihren ökokonformen Versuchen. Einen Einfluss der Rasse, wie ihn Wood et al. (2004) bei modernen und traditionellen Rassen feststellten, tritt hier jedoch nicht auf. Die im Versuch von Edwards et al. (2006) erzielten höheren Tageszunahmen der Duroc Nachkommen gegenüber der Piétrain Nachkommen können bestätigt werden. Zwar erreichen in diesem Versuch die Du*DL keine 90 g höheren Tageszunahmen, aber immerhin 50 g höhere als Pi*SH Tiere. Die tendenziell höheren Tageszunahmen der Du*DL Tiere, verdeutlicht mittels asymmetrischer S-Kurve (Abbildung 11), können nicht über das Muskel- und Fettwachstum erklärt werden. Die höheren Tageszunahmen könnten in Anlehnung an Kuhn et al. (1997), Weißmann (2003) und Edwards (2005) aus einer stärkeren Ausbildung des Magen-Darm-Traktes durch eine erhöhte Raufutteraufnahme herrühren. Die Versuchsschweine konnten Raufutter in Form von Stroh ad libitum aufnehmen. Sollten Du*DL Tiere mehr Stroh als die anderen drei Herkünfte gefressen haben, so könnte dies zu einem ausgeprägteren Magen-Darm-Trakt geführt haben. Der Magen-Darm-Trakt wurde nach dem Schlachten nicht gewogen, jedoch untermauert die im Vergleich mit BHZP und Pi*SH geringere Ausschlachtung diese Vermutung. De Lange et al. (2003) beschreiben den Anteil der inneren Organe am Körpergewicht in Abhängigkeit von der Fütterungsintensität. Je höher die Futteraufnahme ist, desto größer ist der Anteil der inneren Organe am Körpergewicht.

Hinsichtlich des Muskel- und Fettansatzes fällt der hohe Muskelansatz der Pi*SH Tiere, aber auch der höhere Fettansatz der reinrassigen SH sowie der Pi*SH Tiere auf (Tabelle 25). Dies bestätigt die Annahme von Kolstad (2001), dass Hybriden mit Einkreuzung einer alten Rasse bzw. alte Rassen höhere Gesamtfettgehalte aufweisen. Insgesamt wird deutlich, dass sich die, bei modernen Herkünften über Jahre erfolgte Selektion in einem höheren Muskelfleisch-, einem geringeren Fettansatz sowie einem höheren Muskel- und geringeren Fettvolumen über die Gewichtsentwicklung der BHZP, Du*DL und Pi*SH Tiere widerspiegelt. Besonders eindrucksvoll sind der etwa 80 g/Tag höhere Muskel- und 40 g/Tag niedrigere Fettansatz der Pi*SH Kreuzung verglichen mit reinrassigen SH.

Als kritisch anzusehen ist jedoch die Umrechnung der erhaltenen Muskel- und Fettvolumina in Gramm nach den von Mohrmann et al. (2006) angegebenen Gewebedichten (vgl. Kap. 3.2.4). Die Gewebedichten verändern sich im Laufe des

Alters bzw. der Gewichtsentwicklung (Kallweit 2006, persönliche Mitteilung). So sinkt z. B. die Muskelfaserdichte während des Wachstums (Kallweit 1964). Daher können Verzerrungen entstehen, wenn eine durchschnittliche Gewebedichte angenommen wird, um den durchschnittlichen Gewebeansatz während der Mast zu charakterisieren.

Bei Betrachtung des Muskel- und Fettvolumens über die Gewichtsentwicklung zeigt SH bereits bei der ersten Messung mit 34 kg Lebendgewicht ein deutlich höheres Fettvolumen als die anderen drei Herkünfte. Pi*SH unterscheiden sich nicht deutlich von BHZP und Du*DL. Dahingegen stellte Kolstad (2001) bei einer Hybridkreuzung mit einer alten Rasse bereits ab 50 kg Lebendgewicht einen höheren Gesamtfettgehalt fest.

Auch im Merkmal Fleisch zu Fett-Verhältnis, mittels MRT erfasst, zeigen die Herkünfte die gleiche Rangierung wie bei den vorher aufgeführten Merkmalen, da SH Tiere zu allen Messzeitpunkten das ungünstigste Verhältnis aufweisen, wohingegen sich die drei anderen Herkünfte nicht deutlich voneinander unterscheiden.

Hinsichtlich der Entwicklung des Lebendgewichtes stellten Kusec et al (2007) für intensiv gefütterte Schweine ein asymptotisches Endgewicht von 220 kg und für extensiv gefütterte eins von 160 kg fest. Die in diesem Versuch ermittelten asymptotischen Endgewichte befinden sich zwischen 209 kg für BHZP und 214 kg für Du*DL (Tabelle 34). Damit liegen die geschätzten Endgewichte im Bereich der für intensive Fütterung geschätzten Werte von Kusec (2007) und leicht unter dem von Davies (1984) für die Deutsche Landrasse erfassten. Emmans and Kyriazakis (1997) erwähnten Endgewichte von 205 kg und 213 kg Lebendgewicht.

Kusec et al. (2007) zeigten, dass die Entwicklung des Lebendgewichtes nicht von der Genetik, sondern von der Fütterungsintensität beeinflusst wird. Die intensive Phase der Lebendgewichtsentwicklung dauerte bei der restriktiven Fütterung zwischen 115 und 118 Tagen, bei intensiver Fütterung 140 Tage. In dem vorliegenden Versuch unterscheiden sich die Herkünfte hinsichtlich dieser Phase trotz gleicher Fütterung deutlich, da Du*DL die kürzeste mit 115 Tagen und SH die längste mit 128 Tagen aufweisen.

Hinsichtlich des Muskel- und Fettwachstums ist eine geringere züchterische Bearbeitung der reinrassigen SH darin zu erkennen, dass sie ein deutlich geringeres asymptotisches Muskelvolumen, die kürzeste Zeit des intensiven Muskelwachstums

sowie ein deutlich höheres asymptotisches Fettvolumen aufweisen. Kusec (2001) stellte keinen deutlichen Einfluss des MHS Genotyps auf das Muskelwachstum fest. Das von ihm ermittelte asymptotische Muskelvolumen mit 75 dm^3 befindet sich über dem Endmuskelvolumen der im Versuch eingesetzten SH, liegt jedoch deutlich unter den End-Muskelvolumina der anderen drei Herkünfte. Die deutlich längeren intensiven Wachstumsphasen der Herkünfte BHZP, Du*DL und Pi*SH deuten darauf hin, dass ihr genetisches Wachstumspotenzial für Muskelgewebe mit dem hier vorgelegten Ökofutter nicht voll ausgeschöpft werden konnte. Ähnliches stellte Kusec (2001) bei heterozygoten MHS-Genträgern fest, da diese mit Standardfutter eine deutlich längere intensive Muskelwachstumsphase aufweisen als unter Intensivmast. Schinckel and de Lange (1996) berichteten, dass der prozentuale Anteil des Körperproteins bis etwa 45 bis 65 kg ansteigt sowie über 65 kg der prozentuale Proteingehalt sinkt, der Fettanteil jedoch steigt. Die hier ermittelten Gewichte liegen noch etwas über 65 kg, spiegeln aber ähnliche Tendenzen wider. Dahingegen erwähnten Schinckel and de Lange (1996), dass die maximale Proteinansatzrate nicht unter 80 bis 90 kg Körpergewicht erzielt wird.

Bezüglich des asymptotischen Fettvolumens fallen besonders die Pi*SH Kreuzungen ins Auge (Tabelle 41). Durch Einkreuzen der Pi Genetik zeigt sich das geringste Fettvolumen sowie die geringste intensive Wachstumszeit für Fettgewebe. Verglichen mit den Werten von Kusec (2001) ist augenscheinlich, dass das asymptotische Fettvolumen der BHZP, Du*DL und der Pi*SH Schweine unterhalb und das der SH Tiere oberhalb des bei ihm ermittelten Fettvolumens von 50 dm^3 (Standardfütterung) liegt. Die Dauer des intensiven Fettwachstums liegt bei Kusecs (2001) Tieren deutlich höher als bei den Öko-Versuchstieren. Dies liegt daran, dass die hier im Versuch eingestellten Öko-Schweine deutlich später die Phase des intensiven Fettwachstums beginnen. Dies kann einerseits mit der Fütterung nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus zusammenhängen, andererseits aber auch mit dem Zusammenbringen verschiedener Herkünfte von unterschiedlichen Erzeugern.

Das im Versuch gezeigte Fettwachstum ist u. a. sowohl von der Genetik als auch von der Futteraufnahme sowie -verwertung abhängig, was auch Knap et al. (2003) in ihrem Versuch feststellten. Da es jedoch nicht möglich war, die Futteraufnahme pro Tier und die Futtermittelnutzung zu erfassen, können keine Aussagen darüber getroffen werden, inwiefern sich die Futtermittelnutzung bzw. -verwertung auf das Fettwachstum ausgewirkt haben.

5.2.2.2 Einfluss des Geschlechts

Erwartungsgemäß zeigen Börgе höhere Tageszunahmen und damit verbunden eine geringere Mastdauer als Sauen (Tabelle 26). Dies bestätigten auch Suzuki et al. (2003), Weißmann et al. (2004) und Sundrum and Weißmann (2005). Die von Börgen erreichten täglichen Zunahmen befinden sich auf vergleichbarem Niveau der von Olsson et al. (2003) gemästeten Börgе. Auch die Differenz der täglichen Zunahmen von Börgen zu Sauen ist mit der vergleichbar, die Olsson et al. (2003) erfassten. Die höheren täglichen Zunahmen der Börgе spiegeln sich ebenfalls in einem höheren asymptotischen Endgewicht und einer kürzeren Phase der intensiven Lebendgewichtsentwicklung wider.

Börgе setzen, in Anlehnung an Edwards et al. (2006), mehr Fett an als Sauen. Dieser höhere Ansatz spiegelt sich nicht nur in einem insgesamt höheren Fettansatz in Gramm pro Tag, sondern auch in einem höheren Fettvolumen ab der zweiten Lebendmessung (Tabelle 29), einer deutlich steiler ansteigenden asymmetrischen S-Kurve (Abbildung 19, Abbildung 20) und einem ungünstigeren Fleisch zu Fett-Verhältnis wider (Tabelle 32). Insgesamt lässt sich eine deutliche Überlegenheit der Sauen gegenüber den Börgen erkennen.

Dahingegen lassen die ermittelten Muskelvolumina der Geschlechter (Tabelle 29) erkennen, dass Börgе ab der zweiten Lebendmessung geringere Muskelvolumina aufweisen sowie die asymmetrische S-Kurve eine geringere Steigung hinsichtlich des Muskelwachstums bezogen auf die Lebendgewichtsentwicklung (Abbildung 15) hat. Dass keine Signifikanz im Merkmal Muskelansatz [g/Tag] zwischen den Geschlechtern besteht, verdeutlicht auch Abbildung 16. Es wird ersichtlich, dass die Geschlechter sich deutlich in der Lebendgewichtszunahme während des intensiven Muskelwachstums unterscheiden, jedoch nicht in der Dauer und im Muskelzuwachs. Bastianelli and Sauvant (1997) bemerkten, dass sich das Geschlecht auf den Proteinansatz auswirken kann. Schinckel and de Lange (1997) stellten fest, dass unter konventionellen Bedingungen Sauen einen höheren Proteinansatz bezogen auf das Lebendgewicht haben als Börgе und stellten den Einfluss des Management auf den Proteinansatz dar. Auch die Versuche von Kastelic (1997) und Mohrmann et al. (2006) zeigten, dass Sauen magerer sind als Börgе.

Inwiefern Einflüsse wie das Geburtsgewicht oder die Fütterung in Anlehnung an Kap. 2.1.2 sich ausgewirkt haben, kann auf Grund fehlender Angaben nicht spezifiziert

werden. Die Annahme von Rehfeldt et al. (2000), dass Schweine meist vor Ende ihrer intensiven Wachstumsphase des Muskelgewebes bereits geschlachtet werden, kann durch diesen Versuch bei Extrapolation über den gemessenen Gewichtsbereich bestätigt werden, da aufgrund der berechneten Wachstumskurve die intensive Phase des Muskelwachstums bei Börgen mit 148 kg Lebendgewicht und Sauen mit 138 kg beendet wird. Ferner erfassten Mohrmann et al. (2006) bei 120 kg schweren Sauen mittels MRT den höchsten Magerfleischgehalt, bei Börgen mit 60 kg.

Insgesamt wird durch die oben aufgeführten Differenzen zwischen Sauen und Börgen deutlich, wie wichtig eine an das Geschlecht angepasste Fütterung zur Erzeugung marktfähiger Schlachtkörper ist.

5.2.2.3 Einfluss der Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht

Eine signifikante Interaktion zwischen Herkunft und Geschlecht besteht lediglich beim Fettvolumen zum Zeitpunkt der ersten bis dritten Messung (Abbildung 10). Hier lässt sich die allgemeine Aussage, dass Böрге mehr Fett ansetzen als Sauen nicht generell bestätigen. Hinsichtlich des Muskel- und Fettwachstums ist zu erkennen, dass Böрге der drei Herkünfte BHZP, Du*DL und Pi*SH erwartungsgemäß ein geringeres asymptotisches Muskelwachstum haben als die jeweils zugehörigen Sauen (Tabelle 39). Auffällig ist, dass SH Sauen verglichen mit SH Börgen ein deutlich geringeres Muskel- sowie ein gleichwertiges Fettwachstum (Tabelle 43) zeigen. Dies könnte an der geringeren Anzahl von lediglich acht SH Sauen im Versuch liegen.

Im Versuch von Schinckel and de Lange (1996) zeigten sich Herkunft*Geschlecht Interaktionen, da Sauen ab einem bestimmten Lebendgewicht magerer waren. Die Geschlechter des Genotyps A unterschieden sich ab 84 kg, Genotyp B nach 100 kg Lebendgewicht.

5.2.3 Optimaler Schlachtzeitpunkt

Anhand der Versuchsergebnisse wird ersichtlich, dass die Schweine vor Beendigung ihrer intensiven Muskelwachstumsphase geschlachtet wurden. Eine ähnliche Feststellung machte bereits Kallweit (1964), dessen Schweine bei 140 kg Lebendgewicht eine immer noch nicht beendete Gewichtszunahme ausgesuchter Muskeln zeigten. Rehfeldt et al. (2000) nahmen dies ebenfalls an.

Wird der optimal Schlachtzeitpunkt anhand der Versuchsergebnisse so gewählt, dass die gesamte intensive Phase des Muskelwachstums ausgenutzt wird, ergeben sich folgende Lebendgewichte mit entsprechenden Fett- und Muskelvolumina:

BHZZ:	142 kg mit 29 dm ³ Fettvolumen und 58 dm ³ Muskelvolumen
Du*DL:	148 kg mit 30 dm ³ Fettvolumen und 57 dm ³ Muskelvolumen
Pi*SH:	150 kg mit 30 dm ³ Fettvolumen und 63 dm ³ Muskelvolumen
SH:	132 kg mit 32 dm ³ Fettvolumen und 48 dm ³ Muskelvolumen

Festzustellen ist, dass diese Lebendgewichte mindestens 12 kg bis höchstens 30 kg über den bisher in Deutschland angestrebten 120 kg liegen.

Fraglich ist jedoch, ob im Hinblick auf das Fettwachstum der reinrassigen SH und die heutigen Marktanforderungen diese Tiere nicht früher geschlachtet werden sollten. Eine Möglichkeit besteht darin, sie mit knapp 100 kg Lebendgewicht zu schlachten, wenn das Fettwachstum seinen Wendepunkt erreicht (Abbildung 17, Abbildung 24). Als Einschränkung sind hier jedoch die Preismarken der Schlachthöfe zu sehen, die enge Systemgrenzen und wenig Spielraum vorgeben. Gerade für Direktvermarkter bestehen jedoch gute Möglichkeiten, über einen veränderten Schlachtzeitpunkt die Gewebezusammensetzung der Schlachtkörper zu beeinflussen.

Eine andere Möglichkeit, bei SH die intensive Muskelwachstumsphase auszunutzen, ist die Tiere mehrphasig zu füttern, um den Beginn bzw. das Ausmaß der intensiven Fettwachstumsphase ab 71 kg Lebendgewicht (Tabelle 41) über den Energiegehalt des Futters zu beeinflussen. Dies gilt natürlich auch für die anderen drei Herkünfte.

5.3 Produktqualität

5.3.1 Schlachtkörperqualität

Die standardmäßig bei Stationsprüfungen erfassten Merkmale charakterisieren in dieser Arbeit die Schlachtkörperqualität. Bis auf wenige Ausnahmen konnten die für die statistische Analyse relevanten Faktoren Herkunft der Tiere, deren Geschlecht sowie die Interaktion dieser beiden Faktoren als signifikante Einflüsse nachgewiesen werden.

5.3.1.1 Einfluss der Herkunft

Die vorliegenden Ergebnisse (Tabelle 45) bestätigen die Aussagen von Millet et al. (2004), Millet et al. (2005) und Gispert et al. (2007), dass mit der Auswahl der Rasse die Schlachtkörperqualität entscheidend beeinflussbar ist. Die Feststellung von Wood et al. (2004), dass moderne Rassen magerere Schlachtkörper aufweisen als traditionelle, kann ebenfalls bestätigt werden. Durch das Kreuzen von Pi Ebern mit SH Sauen, u. a. von Wittmann (2003) und Weissmann et al. (2006) empfohlen, kann die nicht marktkonforme Schlachtkörperqualität der SH Tiere im vorliegenden Versuch deutlich verbessert werden, was auch Weber et al. (2006) bereits feststellten. Insgesamt fällt beim Vergleich der reinrassigen SH Genetik mit den Pi*SH Hybriden hinsichtlich der Schlachtkörperqualität der günstige Effekt der fleischreichen Pi Genetik ins Auge.

Die Aussage von Weissmann et al. (2005b), dass mit (Pi*Ha)*(Du*DL) Tieren Muskelfleischanteile > 54 % erzielt werden können, wie auch von Olsson et al. (2003) und Ebke und Sundrum (2005) gezeigt, kann hier nicht bestätigt werden. Die niedrigeren Magerfleischanteile können mit der Versuchsdurchführung erklärt werden, da mit der Einphasenmast das maximale Wachstum der Tiere über die gesamte Versuchsdauer erzielt werden sollte, was bei höheren Gewichten jedoch zu einem starken Fettansatz führte. Die Rangierung der Herkünfte im Merkmal Magerfleischanteil spiegelt etwa die Rangierung der Herkünfte im Merkmal Muskel- und Fettvolumina über die Lebendgewichte vor der Schlachtung wider (Abbildung 13, Abbildung 17). Bei einer, im ökologischen Landbau nach Möglichkeit bedarfsgerechten Fütterung mit einheimischen Leguminosen, mit mehreren Phasen und getrenntgeschlechtlicher Mast ist in Anlehnung an Fischer (2000, 2002) sowie Sundrum et al. (2000, 2005) davon auszugehen, dass die im Versuch aufgestellten Genetiken höhere Magerfleischanteile erzielen.

Die im Versuch aufgestellten Du*DL und SH Tiere fallen durch eine niedrigere Ausschlachtung im Vergleich mit den beiden anderen Herkünften auf. Die höheren Tageszunahmen der Du*DL Tiere bestätigen sich nicht in höheren Gewichten der Schlachthälften, so dass in Anlehnung an Weissmann (2003a) von einem stärker ausgeprägten Magen-Darm-Trakt auf Grund höherer Grundfutteraufnahme ausgegangen werden kann (vgl. Kap. 5.2.2.1).

5.3.1.2 Einfluss des Geschlechts

Hinsichtlich des Magerfleischanteils können Beobachtungen von Olsson et al. (2003) und Weissmann et al. (2004) von 3 % bis 4 % Punkte höheren Magerfleischanteilen bei Sauen bestätigt werden. Diese Ergebnisse bestätigen ebenfalls die zum Zeitpunkt der Schlachtung höheren Muskelvolumina und niedrigeren Fettvolumina der Sauen bezogen auf das Lebendgewicht (Abbildung 15, Abbildung 19).

Die von Beattie et al. (1999), Hamilton et al. (2003) sowie Suzuki et al. (2003) bei Sauen festgestellte größere Muskelfleischfläche kann im vorliegenden Versuch am Kotelettanschnitt nicht bestätigt werden. Bei Börgen spiegeln sich die höheren täglichen Zunahmen, die höheren Fett-, geringeren Muskelvolumina und der höhere Fettansatz in einem schlechteren Fleisch zu Fett-Verhältnis, einem niedrigeren Magerfleischanteil nach Bonner Formel, einer höheren Speckdicke und damit einhergehend einer höheren Fettfläche wider.

Insgesamt ist im Hinblick auf die Schlachtkörperqualität auch im Ökobereich der wertbestimmende Muskelfleischanteil im Auge zu halten. Hier kann einerseits über die Auswahl der Rasse als auch über eine getrenntgeschlechtliche Aufstallung sowie Mehrphasenfütterung mit jeweils optimalem Lysin-Energieverhältnis ein marktgerechter Schlachtkörper erzeugt und die Überlegenheit von Sauen in den oben genannten Merkmalen voll ausgenutzt werden.

5.3.2 *Fleisch- und Fettqualität*

Allgemein werden in der Literatur Angaben über Fettsäurenmuster meist als reine Prozentverteilung, also als relative Werte, die von der Anzahl der Fettsäuren im Standard abhängen, angegeben. Daraus ergibt sich eine schwierige Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander, da sich je nach Anzahl der erfassten Fettsäuren unterschiedliche Anteile an den einzelnen Fettsäuren ergeben. Ferner sind für eine Vergleichbarkeit die Stelle der Probenentnahme und die Gewebeart (Muskel oder Fett, z. B. subkutaner Rückenspeck wie bei Piedrafita et al. 2001) relevant, um Muster zu vergleichen.

Ferner sind die Fettsäuregehalte im Fleisch stark von den vorgelegten Futtermitteln abhängig (Lawrence and Fowler 2002, Kloareg et al. 2005, Kloareg et al. 2007).

Hieraus ergibt sich ebenfalls, dass Ergebnisse nicht direkt vergleichbar sind, ohne genau die eingesetzten Futtermittel und deren Fettsäuren zu kennen.

5.3.2.1 Einfluss der Herkunft

Im Bereich der Fleischqualität kann auf Grund der tendenziell höheren Leitfähigkeit 24 Stunden p.m. im Kotelett und Schinken sowie der tendenziell höheren Drip Verluste 24 Stunden und 48 Stunden p.m. auf einen eher negativen Einfluss der Pi Genetik geschlossen werden. Dies bestätigt tendenziell die Aussagen von Sutton et al. (1997) und Otto et al. (2007), dass sich bei Nn Schweinen die Fleischqualität verschlechtert, also z. B. der Tropfsaftverlust erhöht bzw. die Wasserhaltekapazität verringert. Während der Narkose fiel auf, dass einige Pi Hybriden nicht reinerbig stressstabil sein konnten, woraufhin anhand von Ohrgewebe der MHS Status bestimmt wurde und sich der Verdacht bestätigte. Wegen des leicht negativen Pi Einflusses ist darauf zu achten, dass bei bisher züchterisch gering bearbeiteten Rassen zur Steigerung der Fleischfülle keine homozygot stressanfälligen Pi Eber eingesetzt werden.

Die Feststellung von Weißmann et al. (2006), dass Duroc Genetiken, verglichen mit Piétrain Genetiken, niedrigere Tropfsaftverluste aufweisen, wird im vorliegenden Versuch tendenziell bestätigt. Tendenziell kann die Fleischqualität bei Du*DL insgesamt als besser beurteilt werden.

Die hier nach 48 Stunden erfassten Tropfsaftverluste liegen deutlich niedriger als die von Otto et al. (2004) und Otto et al. (2006) gemessenen. Beim Vergleich der Tropfsaftverluste ist jedoch auf die Methode zu achten, da die Beutelmethode nach Honikel und die EZ-Drip Loss Methode nicht direkt miteinander vergleichbar sind, aber mit $r > 0,86$ korrelieren (Christensen 2003, Otto et al. 2004).

Ein Einfluss der Herkunft auf die Zusammensetzung der Fettsäuren, wie von Lawrence and Fowler (2002), Suzuki et al. (2003), Wood et al. (2003), Wood et al. (2004) oder Ramírez et al. (2007) im Fettgewebe festgestellt, konnte im Muskelgewebe nicht nachgewiesen werden. Eine Ursache für fehlende Unterschiede kann darin liegen, dass die Fettsäurenzusammensetzung des Fettgewebes stark von der Fettsäurenzusammensetzung des Futters abhängig ist (Kap. 2.3.5.5) und die Tiere alle das gleiche Futter vorgelegt bekamen. Tendenziell ist jedoch ein höherer Gehalt an einfach ungesättigten Fettsäuren im Muskel der SH und an mehrfach ungesättigten Fettsäuren der BHZP Tiere zu erkennen.

Interessant ist, dass trotz bestehender Herkunfts- und Geschlechtsunterschiede in den Merkmalen Magerfleischanteil nach FOM, Rückenspeckdicke an der Messstelle Mitte und den mittels Kotelettplanimetrierung erfassten Merkmalen Fleisch zu Fett-Verhältnis, Magerfleischanteil nach Bonner Formel, Speckmaß B und Fettfläche am Kotelett sich lediglich das Geschlecht in der Höhe des Intramuskulären Fettes unterscheidet. Auch höhere intramuskuläre Fettgehalte bei Duroc, wie z. B. in Ökoversuchen von Laister and Konrad (2005) oder Weißmann et al. (2006) festgestellt, konnten im vorliegenden Versuch nicht bestätigt werden. Deutliche Unterschiede von etwa 0,9 % Punkten im IMF Gehalt je nach Vattertiereinsatz unter ökologischen Bedingungen, wie sie die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2002) zeigte, sind im vorliegenden Versuch nicht aufgetreten. Die nicht statistisch absicherbaren Unterschiede der Genetiken im IMF Gehalt kann mit der Aussage von Abel et al. (2007), dass weniger die Genetik, sondern mehr die Fütterung den IMF Gehalt beeinflusst, erklärt werden. Insgesamt liegen die intramuskulären Fettgehalte der Herkünfte über zwei Prozent und damit im Vergleich zu den sonst in Deutschland gemessenen Werten recht hoch. Trotzdem erreichen die Werte nicht die im Hinblick auf die Sensorik geforderten 2,5 % IMF (Kirchheim 1997, Fischer 2003, Weissmann et al. 2003a).

Die rechnerisch nicht nachweisbaren Unterschiede der Rassen in den Merkmalen IMF und Fettsäuren könnten eine Ursache sein, warum sich die Herkünfte in der Sensorik nicht unterscheiden. Dies bestätigt dann Ergebnisse der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2002), nach denen hohe IMF Gehalte durch Vorlage eines Ökofutters keine automatisch bessere Fleischqualität mit besserer sensorischer Bewertung ergeben. Interessant könnte hier sein, den im Versuch aufgestellten Herkünften Zugang zur Weide zu bieten sowie Heu oder Silage anzubieten, um das Fettsäurenmuster günstig, z. B. im Hinblick auf Antioxidantien oder Vitamin E, zu beeinflussen. Den Einfluss der Fütterung auf die Höhe des IMF Gehaltes stellt auch Werner (2009) dar. Nach ihren Untersuchungen hatten ökologisch gehaltene und gefütterte Schweine mit 2,79 % IMF Gehalt nahezu doppelt so hohe Gehalte wie Schweine aus konventioneller Haltung und Fütterung.

5.3.2.2 Einfluss des Geschlechts

Wie auch bei Beattie et al. (1999) konnte kein Geschlechtseinfluss auf die Fleischqualität festgestellt werden. Auch Jeremiah et al. (1999) hoben durch ihre in

konventioneller Umwelt durchgeführten Versuche hervor, dass kaum Unterschiede zwischen den Geschlechtern, sondern eher zwischen den Rassen bestehen. Insbesondere übt das Geschlecht keinen Einfluss auf den Tropfsaft aus, was die Ergebnisse von Otto et al. (2006) bestätigt, jedoch denen von Millet et al. (2006) widerspricht.

Hinsichtlich der Fettsäuregehalte unterscheiden sich die Geschlechter nicht, obwohl signifikante Unterschiede bei Merkmalen der Schlachtkörperbewertung, wie Magerfleischanteile und verschiedene Speckmaße, zwischen ihnen bestehen.

Im IMF Gehalt treten wie auch bei den Schlachtkörpermerkmalen Magerfleischanteil, Rückenspeckdicke Mitte, Seitenspeck, Speckmaß B oder Fettfläche am Kotelett Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf. So zeigen die Versuchssauen dort nicht nur geringere Fettgehalte, sondern auch einen um 0,4 % Punkte niedrigeren IMF Gehalt als Börgе. Der vorliegende Geschlechtsunterschied bestätigt sich bei Untersuchungen von Schwerdtfeger (1991), Čandek-Potokar et al. (2002), Suzuki et al. (2003), Weißmann et al. (2004) oder Hansen et al. (2006), wobei deren aufgeführte Differenzen bis zu 1 % Punkt betragen und widerspricht Ergebnissen, die entweder bei Sauen höhere IMF Gehalte (Beattie et al. 1999, Channon et al. 2004) oder gar keine signifikanten Unterschiede (Villé et al. 1997, Högberg et al. 2004) feststellten.

5.3.3 Sensorik

Hinsichtlich der sensorischen Merkmale bestehen keine Rasseunterschiede, obwohl Fjellkner-Modig and Persson (1986) oder Jeremiah et al. (1999) solche Unterschiede in konventioneller Umwelt feststellten. Ferner zeigten sich keine statistisch nachweisbaren Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Auch Interaktionen zwischen Genotyp und Geschlecht, von denen nach D'Souza and Mullan (2002) die sensorischen Eigenschaften abhängig sind, traten nicht auf.

5.3.3.1 Einfluss der Herkunft

Die Aussage von Karlsson et al. (1999), dass Schweine fetteren Typs in Sensorik Tests eine bessere Bewertung der Zartheit erreichen können, wird hier insbesondere bei den SH Tieren nicht bestätigt. Weiterhin kann der vorliegende Versuch nicht bestätigen, dass die Rasse Duroc oder deren Einkreuzung, bedingt durch höhere IMF-Gehalte, zarteres oder saftigeres Fleisch mit sich bringen (Volk 2003, Edwards 2005,

Weißmann et al. 2006). Dieser bestätigt aber die Aussage von Channon et al. (2004), dass das Einkreuzen von Duroc keine effektive Methode zur Verbesserung der Sensorik darstellt. Ferner bestätigt der Versuch Ergebnisse von Weißmann et al. (2004), da bei beiden Versuchen trotz hoher IMF Gehalte und bei Weissmann et al. (2004) trotz vorhandener Unterschiede zwischen den Geschlechtern und den Rassen keine sensorischen Differenzen festzustellen sind. Eine weitere Möglichkeit, die nicht vorhandenen sensorischen Differenzen zu erklären ist, dass sich die Herkünfte nicht im End-pH-Wert unterscheiden. Nach Eikelenboom et al. (1996) hat der End-pH-Wert einen hohen Einfluss auf die Sensorik, vor allem auf die Zartheit und Saftigkeit.

Dies kann damit zusammenhängen, dass alle Tiere das gleiche Futter vorgelegt bekamen und sich das Fleisch der Rassen weder in der Fleischqualität (pH, LF und TS), der maschinellen Zartheit, noch im IMF Gehalt oder der Fettsäurezusammensetzung deutlich unterscheidet. Nach Aaslyng et al. (2003) beeinflussen die genannten Merkmale die Fleischqualität.

5.3.3.2 Einfluss des Geschlechts

Trotz eines höheren IMF Gehaltes des Fleisches von Börgen können sensorisch keine Geschlechtsunterschiede festgestellt werden. Somit werden Ergebnisse von Ellis et al. (1996), Jeremiah et al. (1999) oder Channon et al. (2004) bestätigt. Dies kann damit erklärt werden, dass der IMF Gehalt der Börgen lediglich 0,4 % Punkte über dem der Sauen liegt und sich die Fettsäuremuster nicht deutlich voneinander unterscheiden.

5.3.4 *Zartheit (maschinell)*

5.3.4.1 Einfluss der Herkunft

Die Feststellungen von Jeremiah et al. (1999) und van Oeckel et al. (1999a), dass die Rasse einen Einfluss auf die Zartheit hat, konnte vom Sensorikpanel und mittels Instron nicht, aber mittels Wolodkewitsch bestätigt werden. Damit werden mittels Instron hier Ergebnisse von Lo et al. (1992), Wood et al. (1996) oder Edwards et al. (2003) bestätigt, da diese Autoren ebenfalls keinen Rasseinfluss auf die maschinell gemessene Zartheit feststellten. Mittels Instron konnten jedoch aus narkosemittelbedingten Gründen lediglich 69 Proben untersucht werden. Anzunehmen ist, dass sich eine Signifikanz der Rasse nach der Untersuchung von 90 Proben gezeigt hätte. Insgesamt

fällt bei der Betrachtung der maschinell erfassten Zartheit ein tendenziell zarteres Fleisch bei Du*DL Tieren auf.

Dazu, dass diese Tendenz von einem geschulten Sensorikpanel nicht verifiziert werden konnte, ist zu erwähnen, dass sich trotz Messung der Festigkeit in absoluten Maßen das subjektive Empfinden unterscheiden kann und nicht als allgemein proportional anzunehmen ist. So werden nach Wolodkewitsch (1956) selbst verschiedene Obstsorten trotz gleicher maschineller Fleischfestigkeit subjektiv als unterschiedlich beurteilt.

5.3.4.2 Einfluss des Geschlechts

Trotz eines höheren IMF Gehaltes des Fleisches von Börgen können nicht nur durch ein Sensorik Panel, sondern auch maschinell keine Geschlechtsunterschiede festgestellt werden. Dies bestätigt die Ergebnisse von Jeremiah et al. (1999). Eine Ursache des nicht vorhandenen Geschlechtseinflusses kann darin liegen, dass, wie bereits in Kap. 5.3.3.2 erwähnt, sich die Geschlechter kaum im IMF Gehalt unterscheiden bzw. das Niveau mit 2,4 % und 2,8 % hoch ist. Auch fehlen Unterschiede der Geschlechter im Fettsäurenmuster.

6 Schlussfolgerungen

Die im Ökolandbau gewünschte Nutzung alter, seltener oder robuster Rassen und die Erwartung eines eigenen Qualitätsprofils durch die Nutzung solcher Rassen in Verbindung mit den Haltungsbedingungen des ökologischen Landbaus kann durch die vorliegenden Ergebnisse unter ökonomischen Aspekten nicht untermauert werden. Einzig die Nutzung von alten Rassen gekreuzt mit fleischreichen Rassen, wie z. B. Piétrain, kann anhand der Ergebnisse empfohlen werden. Hierbei ist dann jedoch auf den MHS Status „homozygot stressresistent“ zu achten, um eine bessere Fleischqualität zu erzielen.

Sowohl in Merkmalen der Mastleistung, im Muskelgewebewachstum als auch in Merkmalen der Fleischbeschaffenheit lagen die Leistungen der Rasse SH hinter denen der anderen Herkünfte. Im Bereich der Mastleistung und des Gewebewachstums zeigten Du*DL die höchsten täglichen Zunahmen, Pi*SH sowie BHZP das größte Muskelwachstum sowie SH den höchsten Fettansatz. Hinsichtlich der Schlachtkörperqualität erzielten BHZP und Pi*SH die höchsten Fleischanteile. Die Fleischbeschaffenheit war bei allen Herkünften als gut zu beurteilen. Hier konnte eine tendenziell bessere Qualität bei Du*DL festgestellt werden. Diese Tendenz spiegelte sich in der Sensorik und damit möglicherweise in einem eigenen Qualitätsprofil bestimmter Herkünfte nicht wider. Hier unterschieden sich die Herkünfte nicht voneinander. Alle eingesetzten Herkünfte zeigten eine hochwertige Produktqualität, aber kein eigenes, konkretes Qualitätsprofil für Fleisch aus ökologischer Erzeugung.

Die Wahl der Rasse/Herkunft ist auch von der Region und der Vermarktung abhängig. Eine wie z. B. bei der Bäuerlichen Erzeugergemeinschaft Schwäbisch Hall oder dem Erzeugerzusammenschluss Buntess Bentheimer Schwein auf eine Rasse abgestimmte Werbungs- und Vermarktungsstruktur, aufgebaut auf bestimmten Erzeugerrichtlinien verbunden mit Qualitätsaspekten, kann zur Erhaltung alter Rassen und wirtschaftlichem Erfolg führen. Sind solche Betriebe dann noch in der Lage, eine getrenntgeschlechtliche Mast mit restriktiver Fütterung der Börgen ab etwa 66 kg Lebendgewicht, und einer Mehrphasenfütterung durchzuführen, sind mit züchterisch gering bearbeiteten Rassen auch marktfähige Schlachtkörper zu erzeugen.

In der Vielfalt verschiedener Fütterungs- und Haltungsstrategien kann ein Vorteil des Ökolandbaus liegen, die Mastleistung und Schlachtkörperbewertung zu beeinflussen, wobei natürlich die Fütterungsstrategien auch in der konventionellen Schweinemast angewendet werden können.

Die Anwendung der asymmetrischen S-Kurve ermöglicht sowohl das Schätzen der Lebendgewichtsentwicklung als auch der Entwicklung der Fett- und Muskelgewebeanteile einzelner Tiere, aber auch einer Gruppe über die Zeit. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, das optimale Schlachtgewicht der Versuchsherkünfte im Hinblick auf die maximale Ausnutzung des Muskelwachstums zu bestimmen.

Ein Vorteil der Erzeugerzusammenschlüsse mit eigener, regionaler Vermarktung liegt darin, dass sie den optimalen Schlachtzeitpunkt selber bestimmen können und nicht von einer Preismaske der großen Schlachthöfe abhängig sind. Die im vorliegenden Versuch geschätzten optimalen Schlachtzeitpunkte liegen deutlich über dem Standard von 115 kg bis 120 kg Lebendgewicht, was bedeutet, dass das intensive Muskelwachstum vor Beendigung dieser Phase abgebrochen wird. So können bei alten Rassen z. B. zu Gunsten des länger andauernden Muskelwachstums die Schlachtgewichte heraufgesetzt oder aber auch zur Vermeidung einer starken Verfettung deutlich herabgesetzt werden, je nach Marketingkonzept, Wunsch des Verbrauchers oder Verarbeitung des Fleisches. Weiterhin können solche Erzeugergemeinschaften in Erwägung ziehen, ob sie die Phase des intensiven Muskelwachstums bzw. dessen Ende als ein zusätzliches Selektionskriterium heranziehen. Bei der derzeitigen Abrechnungsmaske müsste eine Erhöhung der Schlachtgewichte einer genaueren betriebswirtschaftlichen Analyse unterzogen werden, auch unter Berücksichtigung einer möglichen Veränderung in der Futterverwertung im letzten Mastabschnitt.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen keine Notwendigkeit eines speziell auf die ökologische Schweineproduktion abgestimmten Schweinezuchtprogramms erkennen. Moderne, seit Jahrzehnten züchterisch bearbeitete Rassen kommen mit den Haltungs- und Fütterungsbedingungen des ökologischen Landbaus zurecht und erbringen gute Leistungen. Auf die Möglichkeit ein ökologisch ausgerichtetes Konzept zur Jungsauenvermehrung aufzubauen geht Werner (2009) ein und verweist auf Brandt (2007), der erläutert, wie ein solches Programm aussehen könnte.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass für die Schweinefleischerzeugung nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus keine neuen Züchtungen oder komplett eigenständigen Zuchtprogramme nötig sind. Es kann auf vorhandene Rassen oder Kreuzungen zurückgegriffen werden, ohne Nachteile im Wachstum oder der Produktqualität in Kauf nehmen zu müssen

7 Zusammenfassung

Ein eigenständiges Qualitätsprofil für ökologisches Fleisch sowie eigens für die ökologische Schweinemast gezüchtete Herkünfte bestehen zurzeit nicht. Daher war das Ziel dieser Arbeit zu prüfen, ob und inwiefern sich seltene und marktgängige Schweinerassen bzw. Herkünfte hinsichtlich ihres Wachstums und ihrer Produktqualität unter ökologischen Haltungsbedingungen unterscheiden. Die Ergebnisse sollten Aufschluss über die Eignung der verschiedenen Herkünfte für die ökologische Schweinefleischerzeugung geben und dazu dienen, das Betriebsmanagement optimal auf das Gewebewachstum der Schweineherkünfte einzustellen.

Das Wachstum von Muskel- und Fettgewebe sowie die Schlachtkörper- und Fleischqualität wurde in vier aufeinander folgenden Durchgängen untersucht. Dazu wurden Börgе (männliche Kastraten) und Sauen aus dem Bundeshybridzuchtprogramm (BHZP), Duroc gekreuzt mit Deutscher Landrasse (Du*DL), Piétrain angepaart mit Schwäbisch Hällischem Landschwein (Pi*SH) und Schwäbisch Hällisches Landschwein in Reinzucht (SH) miteinander verglichen. Die Schweine wurden nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus gefüttert und, soweit es die baulichen Gegebenheiten zuließen, gehalten. Insgesamt wurden 102 Tiere eingestallt, von denen 90 Tiere den Versuch beendeten. Die Daten für Muskel- und Gewebevolumina wurden mittels Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) gewonnen. Dazu konnten von insgesamt 85 Börgen und Sauen bei mittleren Lebendgewichten von 34, 51, 70 sowie 87 kg Querschnittsbilder aufgenommen werden. Auf Grund einer Wartezeit durch das verwendete Inhalationsanästhetikum bei Tieren, die der Lebensmittelgewinnung dienen, erfolgte die Schlachtung vier Wochen nach der letzten in vivo Tomographie. Die linke Schlachthälfte wurde 24 Stunden post mortem erneut tomographiert. An der rechten Schlachthälfte wurden Merkmale der Schlachtkörper- und Fleischqualität erfasst sowie Proben zur Untersuchung des Fettsäurenusters, des intramuskulären Fettgehaltes und der Zähigkeit entnommen. Folgende Ergebnisse wurden ermittelt:

Merkmalskomplex Wachstum:

Mastleistung

Hinsichtlich der Mastleistung unterschieden sich die Herkünfte rechnerisch nicht voneinander. Die tendenziell höchsten täglichen Zunahmen konnten Du*DL mit 837 g und einer Mastdauer von 110 Tagen erzielen.

Im Merkmal Muskel- und Fettansatz setzten SH Tiere eine deutlich geringere Muskelmasse sowie höhere Fettmasse pro Tag an als die anderen drei Herkünfte, die sich nicht nachweisbar voneinander unterschieden.

Ferner zeigte SH bei allen fünf MRT Messungen im Merkmal Muskel-, Fettvolumina sowie Fleisch zu Fett-Verhältnis durchweg deutlich ungünstigere Werte. Bei der Schlachthälftenmessung wurde ein signifikant höheres Muskelvolumen der Pi*SH Hybriden erfasst.

Gewebewachstum

Das Wachstum wurde mit der asymmetrischen S-Kurve (Kusec 2001) modelliert, wodurch eine gute Anpassung an die Gewichtsentwicklung und die mittels MR Technik erfassten Gewebevolumina erreichbar war.

Bei Du*DL Schweinen war die intensive Wachstumsphase der Gewichtsentwicklung mit 115 Versuchstagen am kürzesten. Sie legten jedoch, bedingt durch ihre hohen Tagezunahmen, in dieser Zeit das meiste Gewicht zu.

Im Hinblick auf das Muskelwachstum wurde bei Pi*SH Tieren mit 91,5 dm³ das höchste asymptotische Muskelvolumen geschätzt. Die intensive Phase des Muskelwachstums dauerte bei Pi*SH Tieren mit 123 Tagen am längsten und ging einher mit dem höchsten Muskelzuwachs von 42,3 dm³. Die kürzeste Phase mit 107 Tagen und dem geringsten Muskelzuwachs von 32,2 dm³ war bei der SH Genetik zu beobachten.

Dahingegen konnten SH Tiere mit 58,3 dm³ das höchste Fettvolumen und mit 127 Tagen die längste Phase des intensiven Fettwachstums erreichen. Pi*SH erzielten das niedrigste Fettvolumen mit 41,8 dm³ und Du*DL die kürzeste intensive Phase mit 100 Tagen.

Die anhand der intensiven Muskelphase geschätzten optimalen Schlachtzeitpunkte von BHZP mit 142,3 kg Lebendgewicht, Du*DL mit 148,2 kg, Pi*SH mit 149,7 kg und SH mit 131,7 kg gingen mit einem geschätzten Fettvolumen von 29,2 dm³, 30,1 dm³, 30 dm³ und 32 dm³ einher.

Merkmalskomplex Produktqualität:

Schlachtkörperqualität

Bei den Gruppen Du*DL und SH wurde mit etwa 78 % geringere Ausschachtungen, aber mit knapp 106 cm zwei bis drei Zentimeter längere Schlachtkörper erfasst.

SH wiesen mit 46,3 % den geringsten Magerfleischanteil und zusammen mit Pi*SH die höchste Rückenspeckdicke Messstelle Mitte auf.

Die Ergebnisse der Kotelettplanimetrierung spiegelten die Ergebnisse der MRT Messungen wider. SH Tiere zeigten das ungünstigste Fleisch zu Fett-Verhältnis, den geringsten Magerfleischanteil nach Bonner Formel, das höchste Speckmaß B, die geringste Fleisch- und höchste Fettfläche am Kotelett, wohingegen sich die anderen drei Herkünfte nicht deutlich voneinander unterschieden.

Fleischqualität

Pi*SH Hybriden zeigten mit einem pH Wert von 6,4 einen signifikant niedrigeren pH Wert 45 Minuten post mortem im Kotelett als die anderen drei Herkünfte, wohingegen sich die Herkünfte 24 Stunden post mortem weder im pH Wert gemessen im Kotelett noch im pH Wert gemessen im Schinken deutlich differenzierten. Dies spiegelte sich in den Tropfsaftverlusten wider, da Pi*SH mit 1,9 % nach 24 Stunden und 2,7 % nach 48 Stunden deutlich höhere Verluste aufwiesen als die anderen drei Herkünfte.

Hinsichtlich des Merkmals Leitfähigkeit zeigten Pi*SH und reinrassige SH deutlich höhere Werte 24 Stunden post mortem im Kotelett und im Schinken.

Bezüglich der Fleischhelligkeit wies Du*DL verglichen mit SH ein signifikant dunkleres Fleisch auf.

Der von einem geschulten Test-Panel durchgeführte Sensorik Test ergab keine statistisch nachweisbaren gustatorischen Differenzen zwischen den Herkünften. Die Bewertung der Herkünfte hinsichtlich des Gesamteindrucks lag sehr eng beieinander.

Die maschinelle Zähigkeitsmessung mittels eines Messinstruments nach N. Wolodkewitsch ließ ein zarteres Fleisch der Du*DL Schweine erkennen. Dies bestätigte

sich nach Instron in dem Sinne, dass hier SH und Du*DL tendenziell zarteres Fleisch aufwiesen, sich die Herkünfte aber statistisch nicht voneinander unterschieden.

Dies galt auch für die Rassen im Merkmal intramuskulärer Fettgehalt (IMF), wobei allerdings ein leicht höherer Gehalt der Du*DL Tiere mit 2,9 % ersichtlich war. Insgesamt wurden hohe IMF Gehalte über 2 % erreicht.

Das Fettsäurenmuster im Musculus longissimus dorsi zeigte keine Unterschiede im absoluten Gehalt der Fettsäuren. Es war jedoch ein leicht höherer Gehalt an gesättigten und ungesättigten Fettsäuren bei BHZP und SH ersichtlich.

Insgesamt konnten die geprüften Herkünfte gute Mastleistungen erzielen. Hinsichtlich des Gewebewachstums setzten reinrassige SH Tiere erwartungsgemäß das geringste Muskel- und das höchste Fettgewebe an, was sich in einem geringen Magerfleischanteil und hohen Rückenspeckdicken niederschlug. Alles in allem gaben die Merkmale der Fleischqualität keine Hinweise auf Qualitätsmängel, jedoch war ein tendenziell negativer Einfluss der Pi Genetik bei den Pi*SH Hybriden ersichtlich.

8 Summary

There is no current autonomous quality profile for organic meat as well as specially breeds for pig fattening. Therefore it was the objective of this work to proof whether and in what extent endangered and marketable pig breeds differ concerning growth and product quality under the regulations of organic farming. The results aimed on indicating the suitability of different breeds for the organic pork production and on optimizing the farm management concerning the pigs' tissue growth.

The growth of muscle and fat tissue as well as the quality of carcass and meat were examined in four consecutive trials. Compared breeds were castrated males and female pigs of the German Federal Hybrid Pig Breeding Programme (BHZP), Duroc*German Landrace (Du*DL), crossbred Piétrain*Swabian Hall (Pi*SH) and Swabian Hall. The pigs were fed and housed according to the regulations of organic farming as far as the structural conditions allowed it. Altogether, 102 animals were stabled, 90 of them finished the experiment. Data of muscle and fat volumes were obtained by magnetic resonance tomography (MRT). For this, cross-section pictures of in all 85 castrated males and female pigs with mean live weights of 34, 51, 70 and 87 kilograms could get acquired. The slaughter followed four weeks after the last in vivo tomography because of a waiting period caused by the inhalation anaesthetic for animals served as food production. The left carcass side got tomographed again 24 hours post mortem, the right carcass side was examined on features concerning carcass and meat quality and samples were taken for the examination of the fatty acid composition, the intramuscular fat content and the toughness. The following results were obtained:

Characteristics complex growth:

Fattening performance

Concerning the fattening performance, the breeds didn't differ statistically. The tendentially highest daily gains were obtained by Du*DL with 837 g and a fattening period of 110 days. In the characteristic muscle and fat accretion, SH pigs showed an explicit lower daily muscle mass and a higher fat mass than the other three breeds that didn't differ veritably. Furthermore, SH pigs showed in all five MRT measurements

consistently explicit less favourable data concerning muscle volume and fat volume as well as meat-to-fat-proportion. During the carcass side measurement a significant higher muscle volume of the Pi*SH hybrids could be stated.

Tissue growth

Growth got modelled by the asymmetric S-function (Kusec 2001), so a good adjustment could be reached to the development of weight and tissue volume measured by MR techniques.

The shortest stage of intensive weight development was shown by Du*DL pigs with 115 days of experiment, having the highest increase in weight within this time due to the high daily gain.

With regard to the increase of muscles, Pi*SH pigs could be evaluated to the highest asymptotic muscle volume with 91,5 dm³. The stage of intensive muscle growth of Pi*SH pigs lasted the longest with 123 days and was accompanied by the highest muscle accretion of 42,3 dm³. The shortest period with 107 days and the lowest muscle accretion of 32,2 dm³ could be monitored at the SH genetics.

On the other hand, SH pigs reached the highest fat volume of 58,3 dm³ and the longest stage of intensive fat growth with 127 days. Pi*SH obtained the lowest fat volume of 41,8 dm³ and Du*DL the shortest intensive period with 100 days.

The optimal slaughter weights of BHZP with 142,3 kg live weight, Du*DL with 148,2 kg, Pi*SH with 149,7 kg and SH with 131,7 kg calculated by means of asymmetric S-function for muscle volume was accompanied by an estimated fat volume of 29,2 dm³, 30,1 dm³, 30 dm³ and 32 dm³.

Characteristics complex product quality:

Carcass quality

Within the groups Du*DL and SH, less killing-out-percentage with rather 78 % could be gathered as well as two to three cm longer carcasses with about 106 cm.

SH pigs showed the lowest lean content with 46,3 % and – together with Pi*SH – the highest mid back fat thickness.

The results of the chop planimetry reflected the MRT measurement results. SH pigs showed the less favourable lean meat to fat ratio, the lowest lean content referring to the

formula of Bonn, the highest back fat thickness, the lowest meat area and the highest fat area at the chop, whereas the three other stocks didn't differ in an explicit way.

Meat quality

Pi*SH hybrids showed a significant lower pH-value of 6,4 45 minutes post mortem in the chop than the other three breeds, whereas the breeds didn't differ concerning the pH-value 24 hours post mortem either measured in chop nor ham. This was reflected by the drip loss, because Pi*SH showed clearly higher drip loss than the other breeds with 1,9 % after 24 hours and 2,7 % after 48 hours.

Regarding the characteristic conductivity, Pi*SH and the rare breed SH showed explicit higher values 24 hours post mortem in chop and ham.

Concerning the lightness of meat, Du*DL showed a significant darker meat compared with SH.

The sensory evaluation performed by a trained test panel didn't give any statistically provable gustatory differences between the breeds. The evaluation of all breeds concerning general impression was close together.

The mechanical toughness measurement measured with N. Wolodkewitsch's instrument revealed a more tender meat of Du*DL pigs. This was confirmed by Instron in the sense that here SH and Du*DL showed tendentially more tender meat although the breeds didn't differ statistically.

This also applied for breeds concerning intramuscular fat content (IMF), whereas there could be stated certainly a lightly higher content of the Du*DL animals with 2,9 %. In all, high IMF contents of more than 2 % got reached.

The fatty acid composition in the musculus longissimus dorsi did not show differences concerning the absolute content of fatty acids. However, a lightly higher content of saturated and non-saturated fatty acids of BHZP and SH pigs could be stated.

As a whole, the proved breeds were able to obtain good fattening performances. Concerning to tissue growth, rare SH pigs put on the lowest muscle tissue and the highest fat tissue as expected, resulting in a low lean content and a high back fat thickness. All in all, the characteristics of meat quality did not give any hints on a lack of quality, but a tendentially negative influence of the Pi*SH hybrid's Pi genetics was shown.

9 Anhang

Anhang 1: Befund Institut für Pathologie, Stiftung Tierärztliche Hochschule, Histopathologische Diagnose

-Lokalisation A:

mittel- bis hochgradige, chronische, katarrhalisch-eitrige Bronchopneumonie mit Hyperplasie des Epithels tieferer Luftwege, hochgradiger, lobulär übergreifender Atelektase sowie hochgradiger Hyperplasie des bronchus-assoziierten, lymphatischen Gewebes; mittelgradige, bronchiolo-interstitielle, lymphozytär-plasmazelluläre, interstitielle Pneumonie

-Lokalisation B, C:

geringgradige, multifokale, bronchiolo-interstitielle, überwiegend lymphozytäre Pneumonie, geringgradiges, alveoläres Emphysem

Virologischer Untersuchungsbefund:

Porcine Circovirus Typ 2- (PCV-2), Influenzavirus-A-, Porcine Cytomegalie Virus- (PCMV) – spezifische Genomfragmente wurden mittels Multiplex-PCR nachgewiesen

Mikrobiologischer Untersuchungsbefund: Lunge

Kulturell geringgradiger Keimgehalt an *Pasteurella multocida* und *Escherichia coli*.

Kommentar:

Im eingesandten Lungengewebe wurde eine chronische, katarrhalisch-eitrige und eine interstitielle Entzündung nachgewiesen. Der nachgewiesene *Pasteurella multocida* Stamm steht vermutlich in einem kausalen Zusammenhang mit der histologisch beobachteten, katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonie. Die interstitielle Entzündung des Lungengewebes könnte ursächlich mit einer oder mehrerer, der festgestellten Virusinfektionen im Zusammenhang stehen.

Anhang 2: phänotypische Korrelationen zwischen IMF-Gehalt, sensorisch erfassten Parametern sowie mechanisch gemessener Zartheit

IMF - gesamt	
Saftigkeit	,051
Zartheit	- ,035
Aroma	,135
Gesamteindruck	,064
Instron-Zartheit	- ,055
Wolodkewitsch-Zartheit	,045

IMF - BHZP	
Saftigkeit	- ,270
Zartheit	- ,443
Aroma	- ,113
Gesamteindruck	- ,337
Instron-Zartheit	- ,007
Wolodkewitsch-Zartheit	- ,105

IMF - Du*DL	
Saftigkeit	,072
Zartheit	- ,056
Aroma	,199
Gesamteindruck	,091
Instron-Zartheit	,266
Wolodkewitsch-Zartheit	,561 **

IMF - Pi*SH	
Saftigkeit	,526 *
Zartheit	,090
Aroma	,021
Gesamteindruck	,153
Instron-Zartheit	- ,353
Wolodkewitsch-Zartheit	,062

IMF - SH	
Saftigkeit	,169
Zartheit	,028
Aroma	,084
Gesamteindruck	,132
Instron-Zartheit	- ,108
Wolodkewitsch-Zartheit	-, 020

*: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$

Danksagung

Ich danke meinen Eltern und meinem Mann Jan. Sie haben immer hinter mir gestanden und mich unterstützt.

Folgenden Institutionen bin ich zu großem Dank verpflichtet:

- Institut für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus-Liebig-Universität, Giessen
- Institut für Nutztiergenetik, Friedrich-Löffler-Institut, Mariensee
- Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, Max Rubner-Institut, Kulmbach
- Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, Braunschweig
- Institut für Ökologischen Landbau, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Trenthorst

Ich danke Herrn Prof. Dr. H. Brandt für die Überlassung des Themas sowie seine stets freundliche Unterstützung und Anregung.

Für die offenen und hilfreichen Gespräche bezüglich der Versuchsplanung, der Auswertung und die kritische Durchsicht des Manuskriptes danke ich Frau Dr. M. Henning, Herrn Dr. U. Baulain und Herrn Dr. P. Köhler sehr herzlich. Herrn Prof. Kallweit danke ich für seine gewährte Diskussionsbereitschaft und Unterstützung in fachlichen Dingen sowie im Reitsport. Ein sehr herzlicher Dank für die gute Betreuung der Versuchstiere an Herrn M. Nietz und an alle weiteren MitarbeiterInnen. Für die stets freundliche und tatkräftige Unterstützung bei allen anfallenden Arbeiten, wie Erstellen und Bearbeiten der MRT-Bilder, Schlachten, Zerlegen und Proben entnehmen, möchte ich Herrn E. Kahle, Frau C. Worat und Frau S. Wittig ganz herzlich danken.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Dr. K Fischer und seinem Team für die Durchführung der Sensorik-Tests und die gute fachliche Beratung bedanken.

Mein weiterer Dank gilt den MitarbeiterInnen des Instituts für Pflanzenbau und Bodenkunde für das Untersuchen der GC Proben sowie Dr. F. Weissmann vom Institut für Ökologischen Landbau.

Für das Überprüfen und Optimieren der Futterrationen danke ich Herrn Dr. Reichenbach, Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. K. Schellander, Herrn Dr. E. Tholen und Frau Dr. E. Jonas für die Durchführung der MHS Gentests.

Die vorliegende Untersuchung wurde durch Mittel des Bundesprogramms Ökologischer Landbau von der BLE gefördert, der an dieser Stelle gedankt sei.

Erklärung

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“

Literaturverzeichnis

- ABEL S., R. WEISSENSTEINER, C. MARIEN, W. ZOLLITSCH, A. SUNDRUM (2007): Effects of feeding strategy to increase intramuscular fat content of pork under the conditions of organic farming. 3rd QLIF Congress, Hohenheim, Germany, March 20-23, 2007, http://orgprints.org/view/projects/int_conf_qlif2007.html
- AFFENTRANGER P., C. GERWIG, G.J.F. SEEWER, D. SCHWÖRER, N. KÜNZI (1996): Growth and carcass characteristics as well as meat and fat quality of three types of pigs under different feeding regimens. *Livestock Production Science* 45, 187-196
- AKRIDGE J.T., B.W. BRORSEN, L.D. WHIPKER, J.C. FORREST, C.H. KUEI, A.P. SCHINCKEL (1992): Evaluation of alternative techniques to determine pork carcass value. *Journal of Animal Science* 70, 18-28
- ANDERSEN H.J. (2000). What is pork quality? In: Quality of meat and fat in pigs as affected by genetics and nutrition. EAAP publication No. 100, 2000, Wageningen Pers, The Netherlands, 15-26
- ARP B., P. NAUMANN (2001): Ökologische Schweineproduktion. In: KÜHLEWIND J., I. MEWES, E. MEYER (Hrsg.): Managementunterlage Schweineproduktion, 3. vollständig überarbeitete Auflage 2001, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- AUGSTEN F., A. IDEL, M. MATHES (2003): Nachholbedarf ökologische Tierzucht – auch eine Genderfrage. *Der Kritische Agrarbericht* 2003, 234-237
- AUSSCHUSS FÜR LEISTUNGSPRÜFUNGEN UND ZUCHTWERTFESTSTELLUNG BEIM SCHWEIN (ALZ) DES ZENTALVERBANDES DER DEUTSCHEN SCHWEINEPRODUKTION (ZDS) (2004): Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein vom 01.07.2004.
- BASTIANELLI D., D. SAUVANT (1997): Modelling the mechanisms of pig growth. *Livestock Production Science* 51, 97-107
- BAULAIN U. (1994): MR-Imaging zur Erfassung der Körperzusammensetzung in vivo. In: „Nicht-invasive Methoden zur Messung der Körperzusammensetzung - Optimierung der quantitativen Analyse“. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 145, 119-126
- BAULAIN U. (1996): Das Schwein in Scheiben - Kernspintomographie macht's möglich! *SUS* 44/1, 42-44
- BAULAIN U. (1997): Magnetic resonance imaging for the in vivo determination of body composition in animal science. *Computers and Electronics in Agriculture* 17, 189
- BAULAIN U., P. KOEHLER, E. KALLWEIT, W. BRADE (2000): Intramuscular fat content in some native German pig breeds. In: Quality of meat and fat in pigs as affected by genetics and nutrition. EAAP publication No. 100, 2000, Wageningen Pers, The Netherlands, 181-184
- BAULAIN U., M. WIESE, E. THOLEN, R. HÖRETH, K.H. HOPPENBROCK (2004): Magnet-Resonanz-Tomographie - Referenztechnik zur Bestimmung der Körperzusammensetzung in der Leistungsprüfung beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 2/2004, 101-104
- BEATTIE V.E., R.N. WEATHERUP, B.W. MOSS, N. WALKER (1999): The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Science* 52, 205-211

- BEJERHOLM C., P. BARTON-GADE (1986): Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. Proc. of the 32nd European Congress of Meat Research Workers, Gent, Belgium, Proceeding II, 389-391
- BELLOF G., C. GAUL, K. FISCHER (2000): Zur Schweinemast im Ökologischen Landbau: Der Einfluss einer kombinierten Fütterung von Grund- und Kraftfutter auf den Schlachtkörperwert und die Fleischqualität. SÖL-Berater Rundbrief 3/00, 43-46
- BERMEJO J.L., R. ROEHE, G. RAVE, E. KALM (2003): Comparison of linear and non linear functions and covariance structures to estimate feed intake pattern in growing pigs. Livestock Production Science 82, 15-26
- BÖTTCHER J., ROMBERG F.J., STUMM G. (2005): Auswirkungen der Fütterung mit ausschließlich hofeigenen Proteinträgern aus ökologischem Anbau in der Endmast auf die Mast- und Schlachtleistung von Schweinen. Report, Kompetenzzentrum Ökologischer Landbau, DLR Rheinhausen-Nahe-Hunsrück, DLR Westpfalz
- BRANDT H. (2007): Zuchtprogramm für Öko-Mastschweine. Ökologie & Landbau 142, 26-27
- BRANSCHIED W. (2003): Perspektiven für ökologisch erzeugtes Schweinefleisch: Prozess- und Produktqualität. In LÖSER R., U. SCHUMACHER, F. WEISSMANN (Hrsg.) (2003): Markt und Produktion in der ökologischen Schweinehaltung. Tagungsband der Internationalen Konferenz zur Ökologischen Schweinehaltung 26./27.02.2003, Fulda
- BRENNAN C., K. GALLAGHER, M. McEACHERN (2003): A review of the 'consumer interest' in organic meat. International Journal of Consumer Studies 27, 381-394
- BÜHLER R., G. POSTLER (2004): Ökologischer Gesamtzuchtwert Schwäbisch-Hällisches Schwein. <http://forschung.oekolandbau.de>, BÖL-Bericht-ID 12923
- CAMERON N.D., M. ENSER, G.R. NUTE, F.M. WHITTINGTON, J.C. PENMAN, A.C. FISKEN, A.M. PERRY, J.D. WOOD (2000): Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. Meat Science 55, 187-195
- ČANDEK-POTOKAR M., G. MONIN, B. ŽLENDER (2002): Pork quality, processing, and sensory characteristics of dry-cured hams as influenced by Duroc crossing and sex. Journal of Animal Science 80, 988-996
- CHANNON H.A., M.G. KERR, P.J. WALKER (2004): Effect of Duroc content, sex and ageing period on meat and eating quality attributes of pork loin. Meat Science 66, 881-888
- CHRISTENSEN L.B. (2003): Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. Meat Science 63, 469-477
- CILLA I., J. ALTARRIBA, L. GUERRERO, M. GISPert, L. MARTINEZ, C. MORENO, J.A. BELTRÁN, M.D. GUÀRDIA, A. DIESTRE, J. ARNAU, P. RONCALÉS (2006): Effect of different Duroc line sires on carcass composition, meat quality and dry-cured ham acceptability. Meat Science 72, 252-260
- CLAUS R., U. WEILER (1994): Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review. Livestock Production Science 37, 245-260
- COLLEWET G., P. BOGNER, P. ALLEN, H. BUSK, A. DOBROWOLSKI, E. OLSEN, A. DAVENEL (2005): Determination of the lean meat percentage of pig carcasses using magnetic resonance imaging. Meat Science 70, 563-572

- CSAPÓ J., F. HÚSVÉTH, Zs. CSAPÓ-KISS, P. HORN, Z. HÁZAS, É. VARGA-VISI (2000): Fatty acid composition and cholesterol content of the fat of pigs of various genotypes. In: Quality of meat and fat in pigs as affected by genetics and nutrition. EAAP publication No. 100, 2000, Wageningen Pers, The Netherlands, 185-188
- DANIELSON V., L.L. HANSEN, F. MØLLER, F. BEJERHOLM, S. NIELSEN (2000): Production results and sensory meat quality of pigs fed different amounts of concentrate and ad lib clover grass or clover grass silage. In Ecological Animal Husbandry in the Northic Countries, Proceedings from NJF-seminar No 303, 16-17 September 1999. DARCOF report, 2, 79-86. Edited by J.E. Hermansen, V. Lund and E. Thuen. Zitiert nach HERMANSEN J.E., V. AARESTRUP LARSEN, B. HINDRUP ANDERSEN (2002): Development of organic pig production systems. Archived at <http://orgprints.org/00000197>
- DAVIES A.S. (1984): Wachstumsverlauf von Muskulatur und Knochen bei Schweinen unterschiedlicher Endgröße. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- DE BOER J.E., E. KANIS (1991): Effects of recombinant porcine somatotropin on growth, feed intake and feed efficiency curves from 60 to 140 kg of pigs of three genotypes and two sexes. Livestock Production Science 29, 197-211
- DE GREEF K.H. (1995): Prediction of growth and carcass parameters. In: Moughan P.J., M.W.A. Verstegen and M.I. Visser-Reyneveld (1995): Modelling growth in the pig. Wageningen Pers, Wageningen, the Netherlands, Wageningen 1995, 151-163
- DE LANGE C.F.M., P.C.H. MOREL, S.H. BIRKETT (2003): Modeling chemical and physical body composition of the growing pig. Journal of Animal Science 81 (E Suppl. 2), E159-E165
- DILCHER L., M. VENATOR, S. DILCHER (2004): Handbuch der Kernspintomographie, Ferger Verlag, Bergisch Gladbach, 3. überarbeitete Ausgabe
- DLG (2004): Die Fleischqualität beim Schwein und ihre Beeinflussung durch die Fütterung. Eine Information des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung. In: DLG-Arbeitsunterlagen 904/4
- DORROCH U. (2001): Isolierung und Charakterisierung merkmalsassoziiert exprimierter DNA-Sequenzen mittels 'mRNA-differential display' in ausgewählten Geweben bei Rind und Schwein. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- DRANSFIELD E., T.M. NGAPO, N.A. NIELSEN, L. BRED AHL, P.O. SJÖDÉN, M. MAGNUSSON, M.M. CAMPO, G.R. NUTE (2005): Consumer choice and suggested price for pork as influenced by its appearance, taste and information concerning country of origin and organic pig production. Meat Science 69, 61-70
- D'SOUZA D.N., B.P. MULLAN (2002): The effect of genotype, sex and management strategy on the eating quality of pork. Meat Science 60, 95-101
- DWYER C.M., J.M. FLETCHER, N.C. STICKLAND (1993): Muscle cellularity and postnatal growth in the pig. Journal of Animal Science 71, 3339-3343
- EBKE M., A. SUNDRUM (2005): Qualitätssicherung in der ökologischen Schweinemast. In: HESS J. und G. RAHMANN, Eds.: Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau. Kassel university press GmbH, Kassel, 337-340
- EDWARDS S.A. (2005): Product quality attributes associated with outdoor pig production. Livestock Production Science 94, 5-14
- EDWARDS D.B., R.O. BATES, W.N. OSBURN (2003): Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for carcass and meat quality measures. Journal of Animal Science 81, 1895-1899

- EIKELENBOOM G., A.H. HOVING-BOLINK, P.G. VAN DER WAL (1996): Die Verzehrsqualität von Schweinefleisch - 2. Einfluss des intramuskulären Fettes. *Fleischwirtschaft* 76, 559-560
- EISEN E.J. (1976): Results of growth curve analyses in mice and rats. *Journal of Animal Science* 42, 1008-1023
- ELLIS M., F.K. McKEITH (1993): Factors affecting the eating quality of pork. In: HOLLIS G.R. (edited by) (1993): *Growth of the pig*. CABI International, Wallingford, UK, 215-239
- ELLIS M., A.J. WEBB, P.J. AVERY, I. Brown (1996): The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. *Animal Science* 62, 521-530
- EMMANS G.C., I. KYRIAZAKIS (1997): Models of pig growth: problems and proposed solutions. *Livestock Production Science* 51, 119-129
- EMMANS G.C., I. KYRIAZAKIS (1999): Growth and body composition. In: KYRIAZAKIS I. (edited by) (1999): *A quantitative biology of the pig*. CABI Publishing, CAB INTERNATIONAL 1999, Wallingford, University Press, Cambridge, 181-197
- ENFÄLT A.C., K. LUNDSTRÖM, I. HANSSON, N. LUNDEHEIM, P.E. NYSTRÖM (1997): Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Science* 45, 1-15
- ENSER M., J.D. Wood (1991): Factors controlling fat quality in pigs. EAAP publication No. 42, Berlin, 32
- FERNANDEZ X., G. MONIN, A. TALMANT, J. MOUROT, B. LEBRET (1999a): Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat - 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimus lumborum. *Meat Science* 53, 59-65
- FERNANDEZ X., G. MONIN, A. TALMANT, J. MOUROT, B. LEBRET (1999b): Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat- 2. Consumer acceptability of m. longissimus lumborum. *Meat Science* 53, 67-72
- FERNÁNDEZ A., E. DE PEDRO, N. NÚÑEZ, L. SILIÓ, J. GARCIA-CASCO, C. RODRIGUEZ (2003): Genetic parameters for meat and fat quality and carcass composition traits in Iberian pigs. *Meat Science* 64, 405-410
- FISCHER K. (1990): Sensorische Prüfung in der Qualitätsbewertung von Schweinefleisch. Workshop „Schweinefleischbeschaffenheit nach der Halothansanierung“ am 17./18. Dezember 1990, Nordhausen
- FISCHER K. (2000): Schweinefleischqualität bei Fütterung nach Richtlinien des Ökolandbaus. In: BUNDESANSTALT FÜR FLEISCHFORSCHUNG (Hrsg.) (2000): *Fleisch im Umfeld von Ökologie und Nachhaltigkeit*, Kulmbacher Reihe, Band 17, 21-37
- FISCHER K. (2001a): Bedingungen für die Produktion von Schweinefleisch guter sensorischer und technologischer Qualität. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach*, 40 (151), 7-22
- FISCHER K. (2001b): Einfluss der Fütterung nach Richtlinien des ökologischen Landbaus auf die Schweinefleischqualität. *Fleischwirtschaft* 81, 85-88
- FISCHER K. (2002): Bessere Schweinefleischqualität bei Fütterung nach Richtlinien des ökologischen Landbaus. *ForschungsReport* 1/2002, 20-23

- FISCHER K. (2003): Einfluss von Genetik und Fütterung auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität. In: LÖSER R., U.SCHUMACHER, F. WEISSMANN (Hrsg.): Markt und Produktion in der ökologischen Schweinehaltung, Tagungsband, 60-69
- FJELKNER-MODIG S., J. PERSSON (1986): Carcass properties as related to sensory properties of pork. *Journal of Animal Science* 63, 102-113
- FORTIN A., W.M. ROBERTSON, A.K.W. TONG (2005): The eating quality of Canadian pork and its relationship with intramuscular fat. *Meat Science* 69, 297-305
- FOWLER P., M.F. FULLER, C.A. GLASBEY, G.G. CAMERON, M.A. FOSTER (1992): Validation of the in vivo measurement of adipose tissue by magnetic resonance imaging of lean and obese pigs. *American Journal of Clinical Nutrition* 56, 7-13
- FREUDENREICH P. (1992): Transmissionsmessungen im Nah-Infrarot-Bereich zur Bestimmung einzelner Fleischqualitätskriterien. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung* 31, Nr. 116, 235-243
- FREUDENREICH P., C. AUGUSTINI (2001): Untersuchungen zur Vorhersage der Zartheit bei Rindfleisch. *Mitteilungsblatt BAFF Kulmbach*, 40, 127-133
- FUJII J., OTSU K., ZORZATO F., LEON D.S., KHANNA V.K., WEILER J.E., O'BRIEN P.J., LENNAN D.H. (1991): Identification of a mutation in the porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science* 253, 448-451
- GAREIS M. (2003): Forschung an der Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF) zu ökologischen Aspekten der Fleischqualität und Produktsicherheit. In: RAHMANN G. und H. NIEBERG (2002) (Hrsg.): Ressortforschung für den ökologischen Landbau 2002, Tagungsband zum Statusseminar „Ressortforschung für den ökologischen Landbau - Aktivitäten aus Bund und Ländern“, 13. März 2003, Landbauforschung Völkenrode 259, 57-64
- GENTRY J.G., J.J. McGLONE, M.F. MILLER, J.R. BLANTON JR. (2004): Environmental effects on pig performance, meat quality, and muscle characteristics. *Journal of Animal Science* 82, 209-217
- GILLE U. (1989): Vergleichende Betrachtungen zum postnatalen Wachstum der Körpermasse und ausgewählter Extremitätenmaße verschiedener Haus- und Labortierspezies. Dissertation, Universität Leipzig
- GISPERT M., M. FONT I FURNOLOSA, M. GILA, A. VELARDEA, A. DIESTREB, D. CARRIÓNCA, A. SOSNICKIC, G. PLASTOW (2007): Relationships between carcass quality parameters and genetic types. *Meat Science* 77, 397-404
- GRIEP W. (1991): Schätzung der grobgeweblichen Schlachtkörperzusammensetzung von Schweinen unterschiedlichen Alters mit der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT). Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen
- GRÜNEWALD T. (1957): Ein Festigkeitsprüfgerät für Lebensmittel nach N. Wolodkewitsch. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* Band 105, Heft 1, 1-12
- GRUNERT K.G., L. BREDAHL, K. BRUNSØ (2004): Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - a review. *Meat Science* 66, 259-272
- HALAS V., J. DIJKSTRA, L. BABINSZKY, M.W.A. VERSTEGEN, W.J.J. GERRITS (2004a): Modelling of nutrient partitioning in growing pigs to predict their anatomical body composition. 1. Model description. *British Journal of Nutrition* 92, 707-723
- HALAS V., J. DIJKSTRA, L. BABINSZKY, M.W.A. VERSTEGEN, W.J.J. GERRITS (2004b): Modelling of nutrient partitioning in growing pigs to predict their anatomical body composition. 2. Model evaluation. *British Journal of Nutrition* 92, 725-734

- HAMILTON D.N., M. ELLIS, B.F. WOLTER, F.K. McKEITH, E.R. WILSON (2003): Carcass and meat quality characteristics of the progeny of two swine sire lines reared under different environmental conditions. *Meat Science* 63, 257-263
- HANSEN, L.L., C. C. MAGNUSSEN, H. J. ANDERSEN (2001): Meat and eating quality of organically produced pigs (in Danish). In *Økologisk og udendørs svineproduktion*. Internal report. Danish Institute of Agricultural Sciences, 145, 39-40 zitiert nach: HERMANSEN J.E., V. AARESTRUP LARSEN, B. HINDRUP ANDERSEN (2002): Development of organic pig production systems. Archived at <http://orgprints.org/00000197>
- HANSEN L.L., C. CLAUDI-MAGNUSSEN, S.K. JENSEN, H.J. ANDERSEN (2006): Effect of organic pig production systems on performance and meat quality. *Meat Science* 74, 605-615
- HANSSON I., C. HAMILTON, T. EKMAN, K. FORSLUND (2000): Carcass quality in certified organic production compared with conventional livestock production. *Journal of Veterinary Medicine B* 47, 111-120
- HENNING M. (2000): Bedeutung der ökologischen Fleischerzeugung. In: *Qualitätsfleischerzeugung bei landwirtschaftlichen Nutztieren*. DGFZ-Schriftenreihe, Heft 18, 35-40
- HERMANSEN J. E. (2003): Organic livestock production systems and appropriate development in relation to public expectations. *Livestock Production Science* 80, 3-15
- HERMANSEN J. E., V. AARESTRUP LARSEN, B. HINDRUP ANDERSEN (2002): Development of organic pig production systems. Archived at <http://orgprints.org/00000197>
- HERMANSEN J. E., K. STRUDSHOLM, K. HORSTED (2004): Integration of organic animal production into land use with special reference to swine and poultry. *Livestock Production Science* 90, 11-26
- HÖGBERG A., J. PICKOVA, S. STERN, K. LUNDSTRÖM, A.-C. BYLUND (2004): Fatty acid composition and tocopherol concentrations in muscle of entire male, castrated male and female pigs, reared in an indoor or outdoor housing system. *Meat Science* 68, 659-665
- HOFMANN K. (1998): Begriffe des Schlachttierwertes. Der Qualitätsbegriff bei Fleisch. *Qualität von Fleisch und Fleischwaren* 1, 91-96
- HONIKEL K.O. (1998): Qualität ökologisch erzeugter Lebensmittel tierischer Herkunft. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 105, 327-329
- HONIKEL K.O. (1999a): Zusammensetzung und Nährwert des Schweinefleisches. In: THALLER J. (1999): *Das Beste vom Schwäbisch-Hällischen Landschwein*. Heidelberg, Umschau Braus Verlag
- HONIKEL K.O. (1999b): Schweinefleisch - ein wohlschmeckendes und ernährungsphysiologisch hochwertiges Lebensmittel. In: *Aktuelle Aspekte bei der Erzeugung von Schweinefleisch*, Tagungsband, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 193, 12-21
- HONIKEL K.O. (2000): Inhaltsstoffe von Öko-Fleisch. In: BUNDESANSTALT FÜR FLEISCHFORSCHUNG (Hrsg.) (2000): *Fleisch im Umfeld von Ökologie und Nachhaltigkeit*, Kulmbacher Reihe, Band 17, 57-69
- HONIKEL O. (2003): Sensorik bei Fleisch. Informationsdienst Fleisch aus Deutschland, Ausgabe 1-2003 Kurzfassungen, 2-9

- HOOD R.L., C.E. ALLEN (1977): Journal of Lipid Research 18, 275-283, zitiert nach LAWRENCE T.L.J., V.R. FOWLER (2002): Growth of farm animals. Second Edition, CABI Publishing, Chapter 3, 21-85
- HOUDE A., POMMIER S.A., ROY R. (1993): Detection of the ryanodine receptor mutation associated with malignant hyperthermia in purebred swine populations. J Anim Sci 71, 1414-1418
- JEREMIAH L.E., J.P.GIBSON, L.L. GIBSON, R.O. BALL, C. AKER, A. FORTIN (1999): The influence of breed, gender, and PSS (Halothane) genotype on meat quality, cooking loss, and palatability of pork. Food Research International 32, 59-71
- JONSÄLL A., L. JOHANSSON, K. LUNDSTRÖM, K.H. ANDERSSON, A.N. NILSEN, E. RISVIK (2002): Effects of genotype and rearing system on sensory characteristics and preference for pork (m. longissimus dorsi). Food Quality and Preference 13, 73-80
- JØRGENSEN E. (1998): Stochastic modelling of pig production, Working paper: Growth models. Dina Notat No. 73, 1-26
- KALLWEIT E. (1964): Untersuchung über die Beziehung zwischen Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischbeschaffenheit an wachsenden Schweinen. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen
- KALLWEIT E. (2000): Was ist Fleischqualität. In: Qualitätsfleischerzeugung bei landwirtschaftlichen Nutztieren. DGFZ-Schriftenreihe, Heft 18, 4-7
- KALLWEIT E., U. BAULAIN (1995): Intramuskulärer Fettgehalt im Schweinefleisch. SUS 1/95, 40-42
- KALLWEIT E., K.-H. HOPPENBROCK, U. BAULAIN (1993): Intramuscular fat content of various genetic origins, measured by NIR. In: PUOLANNE E., D.I. DEMEYER, M. RUUSUNEN, S. ELLIS (Ed.) (1993): Pork Quality: Genetic and metabolic factors, CAB International, Wallingford, 294-295
- KALLWEIT E., H.H. WESEMEIER, D. SMIDT, U. BAULAIN (1994): Einsatz der Magnet-Resonanz-Messung in der Tierzuchtforschung. Archiv für Tierzucht 37, 105-120
- KANIS E., K.H. DE GREEF, A. HIEMSTRA, J.A.M.VAN ARENDONK (2005): Breeding for societally important traits in pigs. Journal of Animal Science 83, 948-957
- KARLSSON A.H., R.E. KLONT, X. FERNANDEZ (1999): Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. Livestock Production Science 60, 255-269
- KARNUAH A.B., K. MORIYA, N. NAKANISHI, T. NADE, T. MITSUHASHI, Y. SASAKI (2001): Computer image analysis for prediction of carcass composition from cross-sections of Japanese Black steers. Journal of Animal Science 79, 2851-2856
- KASTELIC M. (1997): Bestimmung der Wachstumsallometrie von Muskel- und Fettgewebe aus In-vivo-Messungen beim Schwein. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 172
- KAUFFMAN R.G., L.E.ST. CLAIR (1984): Porcine Myology. Bulletin 715, published by the University of Illinois College of Agriculture, Agricultural Experiment Station
- KAUFFMAN R.G., R.D. WARNER (1993): Evaluating pork carcass for composition and quality. In: Growth of the pig. Edited by G.R. Hollis, 1993, CAB International, 141-163
- KIM D.H., P.N. SEONG, S.H. CHO, J.H. KIM, J.M. LEE, C. JO, D.G. LIM (2008): Fatty acid composition and meat quality traits of organically reared Korean native black pigs. Livestock Science (2008); doi:10.1016/j.livsci.2008.05.004

- KIRCHHEIM U., F. SCHÖNE, W. REICHARDT (1997): Einfluss des intramuskulären Fettes auf Parameter der Fleischbeschaffenheit. *Fleischwirtschaft* 77, 410-411
- KLOAREG M., L. BELLEGO, J. MOUROT, J. NOBLET, J. VAN MILGEN (2005): Deposition of dietary fatty acids and de novo synthesis of fatty acids in growing pigs: effects of high ambient temperature and feeding restriction. *British Journal of Nutrition* 93, 6, 803-811
- KLOAREG M., J. NOBLET, J. VAN MILGEN (2007): Deposition of dietary fatty acids, de novo synthesis and anatomical partitioning of fatty acids in finishing pigs. *British Journal of Nutrition* 97, 1, 35-44
- KNAP P.W. (2000a): Time trends of Gompertz growth parameters in 'meat-type' pigs. *Animal Science* 70, 39-49
- KNAP P.W. (2000b): Time trends of Gompertz growth parameters. In: KNAP P.W. (2000): Variation in maintenance requirements of growing pigs in relation to body composition, A simulation study, Thesis Wageningen
- KNAP P.W., R. ROEHE, K. KOLSTAD, C. POMAR, P. LUITING (2003): Characterization of pig genotypes for growth modeling. *Journal of Animal Science* 81 (E. Suppl. 2), E187-E195
- KÖHLER P., K.-H. HOPPENBROCK, F. ADAM, E. KALLWEIT (1999): Intramuskulärer Fettgehalt bei verschiedenen Schweineherkünften im Warentest. In: Hrsg: BÖHME, H. und G. FLACHOWSKY (1999): Aktuelle Aspekte bei der Erzeugung von Schweinefleisch. *Landbauforschung Völkenrode, Tagungsband, Sonderheft* 193, 82-87
- KÖHLER P., E. KALLWEIT (1997): Messtechnik und Einsatzmöglichkeiten der Nah-Infrarot-Spektroskopie zur Bestimmung des IMF-Gehaltes beim Schwein. Kolloquium zum Intramuskulären Fettgehalt (IMF), Vorträge anlässlich des IMF-Kolloquiums, Jena, 22. und 23. Oktober 1996, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 34-38
- KÖHN F., A.R. SHARIF, H. SIMIANER (2007): Modeling the growth of the Goettingen minipig. *Journal of Animal Science* 85, 84-92
- KOLSTAD K. (2000). Fat deposition and distribution in three genetic lines of pigs from 10 to 105 kg liveweight. In: *Quality of meat and fat in pigs as affected by genetics and nutrition*. EAAP publication No. 100, 2000, Wageningen Pers, The Netherlands, 199-202
- KOLSTAD K. (2001): Fat deposition and distribution measured by computer tomography in three genetic groups of pigs. *Livestock Production Science* 67, 281-292
- KONGSTED A.G., J.E. HERMANSEN (2005): Organic pig production - With particular reference to Danish production conditions. <http://orgprints.org/6457>
- KOO W.W.K., M. HAMMAMI, E. HOCKMANN (2002): Use of fan beam dual energy x-ray absorptiometry to measure body composition of piglets. *Journal of Nutrition* 132, 1380-1383
- KRALIK G., T. JELEN, R. SCITOVSKI, G. KUSEC (1999): Analysis of phenotypic expression and growth of gilts using asymmetric S-function. *Feedstuffs* 41, 159-165. Zitiert nach: KUSEC G., U. BAULAIN, E. KALLWEIT, P. GLODEK (2007): Influence of MHS genotype and feeding regime on allometric and temporal growth of pigs assessed by magnetic resonance imaging. *Livestock Science* 110, 89-100
- KRATZ R. (2003): Einfluss verschiedener Fettquellen in der Ernährung von Schweinen unterschiedlicher Genetik auf den Protein- und Lipidansatz, das Fettsäurenmuster verschiedener Teilstücke und die Fleischbeschaffenheit. Dissertation, Universität Gießen

- KRÜGER C., P. NAUMANN, J. ALERT, R. UHLIG, L. SCHÖBERLEIN (2001): Prüfung verschiedener Schweineherkünfte auf die Eignung für die Mast nach den Kriterien des ökologischen Landbaus. *Schweinezucht und Schweinemast* 4/2001, 36-44
- KUHN M., L. BEESTEN, C. JATSCH (1997): Zum Einfluss der Fütterungsintensität und des Mastendgewichtes auf die Mast- und Schlachtleistung von Schweinen sowie das Fettsäurenmuster der Gesamt- und Phospholipide des M. long. dorsi. *Züchtungskunde* 69, 294-306
- KUMM K-V (2002): Sustainability of organic meat production under swedish conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88, 95-101
- KUSEC G. (2001): Growth pattern of hybrid pigs as influenced by MHS-genotype and feeding regime. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen
- KUSEC G., U. BAULAIN, E. KALLWEIT, P. GLODEK (2007): Influence of MHS genotype and feeding regime on allometric and temporal growth of pigs assessed by magnetic resonance imaging. *Livestock Science* 110, 89-100
- LAISTER S., S. KONRAD (2005): Behaviour, performance and carcass quality of three genotypes of growing-finishing pigs in outdoor pig production in Austria: A pilot study. In: SUNDRUM A., F. WEISSMANN (Eds.) (2005): Organic pig production in free range systems. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 281, 13-18
- LAMBE N.R., E.A. NAVAJAS, G. SIMM, L. BÜNGER (2006): A genetic investigation of various growth models to describe growth of lambs of two contrasting breeds. *Journal of Animal Science* 84, 2642-2654
- LAWRENCE T.L.J., V.R. FOWLER (2002): Growth of farm animals. Second Edition, CABI Publishing, Chapter 10, 193-215; Chapter 14, 277-317
- LEBENSMITTEL- UND BEDARFSGEGENSTÄNDE-GESETZ (LMBG): abgelöst vom Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch – LFBG), 07.09.2005 in Kraft getreten, <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/lfgb/gesamt.pdf>
- LIU Y., J.R. STOUFFER (1995): Pork carcass evaluation with an Automated and Computerized Ultrasonic System. *Journal of Animal Science* 73, 29-38
- LO L.L., D.G. McLAREN, F.K. McKEITH, R.L. FERNANDO, J. NOVAKOFSKI (1992a): Genetic analysis of growth, real-time ultrasound, carcass, and pork quality traits in duroc and landrace pigs: I. breed effects. *Journal of Animal Science* 70, 2373-2386
- LO L.L., D.G. McLAREN, F.K. McKEITH, R.L. FERNANDO, J. NOVAKOFSKI (1992b): Genetic analysis of growth, real-time ultrasound, carcass, and pork quality traits in duroc and landrace pigs: II. Heritabilities and correlations. *Journal of Animal Science* 70, 2387-2396
- LÖFFLER K. (1994): Anatomie und Physiologie der Haustiere. 9. Auflage, Ulmer Verlag
- LÖSER R., U. SCHUMACHER, F. WEISSMANN (Hrsg.) (2003): Markt und Produktion in der ökologischen Schweinehaltung. Tagungsband der Internationalen Konferenz zur Ökologischen Schweinehaltung 26./27.02.2003, Fulda
- LÓPEZ S., J. FRANCE, W.J.J. GERRITS, M.S. DHANOA, D.J. HUMPHRIES, J. DIJKSTRA (2000): A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *Journal of Animal Science* 78, 1816-1828
- LÜTH M. (2003): Verbraucherakzeptanz für regionale und ökologische Lebensmittel. *Archiv für Tierzucht* 46, Sonderheft, 16-20

- LUITING P., K. KOLSTAD, H. ENTING, O. VANGEN (1995): Pig breed comparison for body composition at maintenance: Analysis of computerized tomography data by mixture distributions. *Livestock Production Science* 43, 225-234
- LUKASKI H.C., M.J. MARCHELLO, C.B. HALL, D.M. SCHAFER, W.A. SIDERS (1999): Soft tissue composition of pigs measured with dual x-ray absorptiometry: Comparison with chemical analyses and effects of carcass thickness. *Nutrition* 15 (9), 697-703
- MESIRES N.T., M.E. DOUMET (2002): Satellite cell proliferation and differentiation during postnatal growth of porcine skeletal muscle. *American Journal of Physiology - Cell Physiology* 282, C889-C906
- MILLET S., M. HESTA, M. SEYNAEVE, E. ONGENAE, S. DE SMET, J. DEBRAEKELEER, G.P.J. JANSSENS (2004): Performance, meat and carcass traits of fattening pigs with organic versus conventional housing and nutrition. *Livestock Production Science* 87, 109-119
- MILLET S., K. RAES, W. VAN DEN BROECK, S. DE SMET, G.P.J. JANSSENS (2005): Performance and meat quality of organically versus conventionally fed and housed pigs from weaning till slaughtering. *Meat Science* 69, 335-341
- MILLET S., E. ONGENAE, M. HESTA, M. SEYNAEVE, S. DE SMET, G.P.J. JANSSENS (2006): The feeding of ad libitum dietary protein to organic growing-finishing pigs. *The Veterinary Journal* 171, 483-490
- MITCHELL A.D., A.M. SCHOLZ, J.M. CONWAY (1998a): Body composition analysis of small pigs by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *Journal of Animal Science* 76, 2392-2398
- MITCHELL A.D., A.M. SCHOLZ, V.G. PURSEL, C.M. EVOCK-CLOVER (1998b): Composition analysis of pork carcasses by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *Journal of Animal Science* 76, 2104-2114
- MITCHELL A.D., A.M. SCHOLZ, P.C. WANG, H. SONG (2001): Body composition of the pig by magnetic resonance imaging. *Journal of Animal Science* 79, 1800-1813
- MOHRMANN M., R. ROEHE, A. SUSENBETH, U. BAULAIN, P.W. KNAP, H. LOOFT, G.S. PLASTOW, E. KALM (2006): Association between body composition of growing pigs determined by magnetic resonance imaging, deuterium dilution technique, and chemical analysis. *Meat Science* 72, 518-531
- MURIEL E.; J. RUIZ, J. VENTANAS, T. ANTEQUERA (2002): Free-range rearing increases (n-3) polyunsaturated fatty acids of neutral and polar lipids in swine muscle. *Food Chemistry* 78, 219-225
- NAUTA W.J., T. BAARS, A.F. GROEN, R.F. VEERKAMP, D. ROEP (2001): Animal breeding in organic farming. Discussion paper. Published by Louis Bolk Institute, 2001, LA Driebergen
- NGAPO T.M., E. DRANSFIELD, J.-F. MARTIN, M. MAGNUSSON, L. BREDAHL, G.R. NUTE (2003): Consumer perceptions: pork and pig production. Insights from France, England, Sweden and Denmark. *Meat Science* 66, 125-134
- NIBLER T. (2006): Tropfsaftverluste aus züchterischer Sicht. LKV Bayern, <http://www.lkv.bayern.de/media/Aktuell/Nibler.pdf>
- NICHELMANN M. (1994): Pathophysiologie des Wärmehaushaltes. In: HARTMANN H., MEYER H. (1994): *Klinische Pathologie der Haustiere*. Verlag Gustav Fischer, Stuttgart, 67-91

- NISSEN P.M., P.F. JORGENSEN, N. OKSBJERG (2004): Within-litter variation in muscle fiber characteristics, pig performance and meat quality traits. *Journal of Animal Science* 82, 414-421
- NÜRNBERG K., J. WEGNER, K. ENDER (1998): Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science* 56, 145–156
- OLSSON V., K. ANDERSSON, I. HANSSON, K. LUNDSTRÖM (2003): Differences in meat quality between organically and conventionally produced pigs. *Meat Science* 64, 287-297
- OMELKO M. (2004): Bioschweinehaltung in Österreich – Situation, Entwicklungspotenzial und Wirtschaftlichkeit. Dissertation, Institut für Agrar- und Forstökonomik, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Wien
- OPPERMANN R, G. RAHMANN (2006): Marktentwicklungen und die Perspektiven für Erzeuger auf den Märkten für ökologisches erzeugtes Schweinefleisch. In: RAHMANN G. (Hrsg.): Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2006, 101-110
- OTTO G., R. ROEHE, H. LOOFT, E. KALM (2005): Genmarker: Jetzt im Paket gegen Tropfsaftverluste vorgehen? *Schweinezucht und Schweinemast* 2/2005, 42
- OTTO G., R. ROEHE, H. LOOFT, L. THOELKING, M. HENNING, G.S. PLASTOW, E. KALM (2006): Drip loss of case-ready meat and of premium cuts and their associations with earlier measured sample drip loss, meat quality and carcass traits in pigs. *Meat Science* 72, 680-687
- OTTO G., R. ROEHE, H. LOOFT, L. THOELKING, E. KALM (2004): Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs. *Meat Science* 68, 401-409
- OTTO G., R. ROEHE, H. LOOFT, L. THOELKING, P.W. KNAP, M.F. ROTHSCILD, G.S. PLASTOW, E. KALM (2007): Associations of DNA markers with meat quality traits in pigs with emphasis on drip loss. *Meat Science* 75, 185-195
- OWENS F.N., P. DUBESKI, C.F. HANSON (1993): Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science* 71, 3138-3150
- PESCHKE W., H. GEHRA, H. SCHMIDT, F.ZIEGLER, P. OPFERMANN, P. RAHBAUER (1994): Schweinefleisch aus ökologischer und konventioneller Produktion - ein Vergleich. Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, Grub
- PFEIFFER H., G. VON LENDERKEN, G. GEBHARDT (1984): Wachstum und Schlachtkörperqualität bei landwirtschaftlichen Nutztieren – Schweine. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- PIEDRAFITA J., L.L. CHRISTIAN, S.M. LONERGAN (2001): Fatty acid profiles in three stress genotypes of swine and relationships with performance, carcass and meat quality traits. *Meat Science* 57, 71-77
- POMAR C., I. KYRIAZAKIS, G.C. EMMANS, P.W. KNAP (2003): Modeling stochasticity: Dealing with populations rather than individual pigs. *Journal of Animal Science* 81 (E. Suppl. 2): E178-E186
- POORE K.R., A.L. FOWDEN (2004): The effects of birth weight and postnatal growth patterns on fat depth and plasma leptin concentrations in juvenile and adult pigs. *The Journal of Physiology* 558.1, 295-304

- RAMÍREZ M.R., D. MORCUENDE, R. CAVA (2007): Fatty acid composition and adipogenic enzyme activity of muscle and adipose tissue, as affected by Iberian x Duroc pig genotype. *Food Chemistry* 104, 500-509
- RASMUSSEN A., M. ANDERSSON (1996): New method for determination of drip loss in pork muscles. In: *Meat for the consumer: poster proceedings, 42nd International Congress of Meat and Technology, Lillehammer, 1996*, 286-287
- REEDS P.J., D.G. BURRIN, T.A. DAVIS, M.A. FIORETTO, M.J. MERSMANN, W.G. POND (1993): Growth regulation with particular reference to the pig. In: HOLLIS G.R. (edited by) (1993): *Growth of the pig*. CABI International, Wallingford, UK
- REHFELDT C., I. FIEDLER, G. DIETL, K. ENDER (2000): Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *Livestock Production Science* 66, 177-188
- REHFELDT C., I. FIEDLER, N.C. STICKLAND (2004): Number and size of muscle fibres in relation to meat production. In: *Muscle development of livestock animals*. Edited by M.F.W. te PAS, M.E. EVERTS, H.P. HAAGSMANN, Cabi publishing, 2004, 1-38
- RESURRECCION A.V.A. (2004): Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science* 66, 11-20
- ROBERTS N., L.M. CRUZ-ORIVE, N.M.K. REID, D.A. BRODIE, M. BOURNE, R.H.T. EDWARDS (1993): Unbiased estimation of human body composition by the Cavalier method using magnetic resonance imaging. *Journal of Microscopy* 171, 239-253
- ROBERTS N., M.J. PUDDEPHAT, V. McNULTY (2000): The benefit of stereology for quantitative radiology. *The British Journal of Radiology* 73, 679-697
- ROBISON O.W. (1976): Growth patterns in swine. *Journal of Animal Science* 42, 1024-1035
- RUTEN W. (1998): Beurteilung des Proteinaufwandes und des Gehaltes an intramuskulärem Fett als zusätzliche Selektionskriterien in der Schweinezucht. Dissertation, Universität Bonn
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2002): Verbrauchergerechte Schweinefleischqualität - Herausforderung an die Primärerzeugung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 7 - 7. Jahrgang 2002
- SCHINCKEL A.P., B.A. CRAIG (2001): Nonlinear mixed effects model for swine growth. *Purdue University 2001 Swine Research Report*, 20-25
- SCHINCKEL A.P., C.F.M. DE LANGE (1996): Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *Journal of Animal Science* 74, 2021-2036
- SCHÖN A., W. BRADE (1996): Alte Schweinerassen im Test. In: *Leistungsprüfungen in der Tierproduktion*, LWK Hannover
- SCHOLZ A. (1994): Quantitative Analyse von Magnet-Resonanz-Tomographie-Bildern zur Bestimmung der Körperzusammensetzung am lebenden Schwein. In: „Nicht-invasive Methoden zur Messung der Körperzusammensetzung - Optimierung der quantitativen Analyse“. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 145, 38-47
- SCHOLZ A.M., M. FÖRSTER (2006): Genauigkeit der Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie (DXA) zur Ermittlung der Körperzusammensetzung von Schweinen in vivo. *Archiv für Tierzucht* 49, 462-276
- SCHREINEMACHERS H.-J., E. THOLEN, U. BAULAIN, M. HENNING, W. TRAPPMANN (1999): Untersuchung zur Objektivierung der Bauchbewertung bei Schlachtschweinen unter Verwendung nicht-invasiver Verfahren. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 193, 123-128

- SCHULIN-ZEUTHEN M., E. KEBREAB, J. DIJKSTRA, S. LOPEZ, A. BANNINK, H. DARMANI KUHI, J.H.M. THORNLEY, J. FRANCE (2007): A comparison of the Schumacher with other functions for describing growth in the pig. *Animal Feed Science and Technology* (2007), doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.05.017, article in press
- SCHULTE E., K. WEBER (1989): Schnelle Herstellung der Fettsäuremethylester aus Fetten mit Trimethylsulfoniumhydroxid oder Natriummethylat. *Fat Science Technology* Vol. 91, Nr. 5, 181-183
- SCHWERDTFEGER R. (1992): Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit von Mastendprodukten beim Schwein unter Berücksichtigung der Fettbeschaffenheit und Bauchbeurteilung. Dissertation, Universität Kiel
- SMIDT D., U. BAULAIN, M. HENNING, E. KALLWEIT (1991): Magnetische Resonanztomographie (MRT) in der morphologisch orientierten Nutztierforschung. *Wiener Tierärztliches Monatsschreiben* 78, 97-104
- SOLANES F.X., K. GRANDINSON, L. RYDHMER, S. STERN, K. ANDERSSON, N. LUNDEHEIM (2004): Direct and maternal influences on the early growth, fattening performance and carcass traits of pigs. *Livestock Production Science* 88, 199-212
- STREITZ E. (1995): Schätzung der Körperzusammensetzung wachsender Lämmer mit Hilfe der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT). *Landbauforschung Völkenrode*, Sonderheft 156
- STRUDSHOLM K., J.E. HERMANSEN (2005): Performance and carcass quality of fully or partly outdoor reared pigs in organic production. *Livestock Production Science* 96, 261-268
- SUNDRUM A. (2001): Organic livestock farming - A critical review. *Livestock Production Science* 67, 207-215
- SUNDRUM A. (2005): Carcass yield and meat quality in organic pig production. Erschienen in: HOVY M., M. WALKENHORST, S. PADEL (HRSG.) (2005): Systems development: quality and safety of organic livestock products. *Proceedings of the 4th SAFO Workshop* 17
- SUNDRUM A., Y. ARAGON, C. SCHULZE-LANGENHORST, L. BÜTFERING, M. HENNING, G. STALLJOHANN (2006): Implications of genotype and amino acid supply on pork quality. <http://www.orgprints.org/7347/>
- SUNDRUM A., L. BÜTFERING, M. HENNING, K.H. HOPPENBROCK (2000): Effects of on-farm diets for organic pig production on performance and carcass quality. *Journal of Animal Science* 78, 1199-1205
- SUNDRUM A., B. KULIG, K. RÜBESAM, M. HENNING, L. BÜTFERING, K.H. HOPPENBROCK (2005): Auswirkung der Rohproteinversorgung auf die Qualität von Schweinefleisch. In: HESS J. und G. RAHMANN (2005): *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Kassel university press GmbH, Kassel, 1-4
- SUNDRUM A, K. RÜBESAM (2003): 100 % Biofütterung bei Schweinen. In: LÖSER R., U. SCHUMACHER, F. WEISSMANN (Hrsg.): *Markt und Produktion in der ökologischen Schweinehaltung*, Tagungsband, 70-76
- SUTTON D.S., M.ELLIS, Y. LAN, F.K. McKEITH, E.R. WILSON (1997): Influence of slaughter weight and stress gene genotype on the water holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. *Meat Science* 46, 173-180

- SUZUKI K., M. IRIE, H. KADOWAKI, T. SHIBATA, M. KUMAGAI, A. NISHIDA (2005): Genetic parameter estimates of meat quality traits in Duroc pigs selected for average daily gain, longissimus muscle area, backfat thickness and intramuscular fat content. *Journal of Animal Science* 83, 2058-2065
- SUZUKI A., N. KOJIMI, Y. IKEUCHI (1991): Carcass composition and meat quality of chinese purebred and european x chinese crossbred pigs. *Meat Science* 29, 31-41
- SUZUKI K., T. SHIBATA, H. KADOWAKI, H. ABE, T. TOYOSHIMA (2003): Meat quality comparison of Berkshire, Duroc and crossbred pigs sired by Berkshire and Duroc. *Meat Science* 64, 35-42
- SWATLAND H.J. (1984): Structure and development of meat animals. Englewood Cliffs, Prentice Hall, NJ
- SZABO C., L. BABINSZKY, M.W.A. VERSTEGEN, O. VANGEN, A.M.J. JANSMAN, E. KANIS (1999): The application of digital imaging techniques in the in vivo estimation of the body composition of pigs: a review. *Livestock Production Science* 60, 1-11
- THIET W., U. BAULAIN (1992): Technik und Anwendungsmöglichkeiten der Kernspintomographie beim Hund. *Kleintierpraxis* 37/10, 653-730
- THOLEN E., U. BAULAIN, M.D. HENNING, K. SCHELLANDER (2003): Comparison of different methods to assess the composition of pig bellies in progeny testing. *Journal of Animal Science* 81, 1177-1184
- TOLXDORFF T., J. BRAUN, H. HANDELS, A. HORSCH, H.-P. MEINZNER (Hrsg.) (2004): Bildverarbeitung für die Medizin 2004. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg
- TSOULARIS A. (2001): Analysis of logistic growth models. *Research Letters in the Information and Mathematical Science* 2, 23-46
- TSOULARIS A., J. WALLACE (2002): Analysis of logistic growth models. *Mathematical Bioscience* 179, 21-55
- VAARST M., M. HOVI (2004): Organic livestock production and food quality: a review of current status and future challenges. In: HOVI M., A. SUNDRUM, S. PADEL (edited by) (2004): Organic livestock farming: potential and limitations of husbandry practice to secure animal health and welfare and food quality. Proceedings of the 2nd SAFO Workshop, 25-27.03.2004, Witzenhausen, Germany, 7-15
- VAN DER WAL P.G., G. MATEMAN (1993): 'Scharrel' (free range) pigs: carcass composition, meat quality and taste-panel studies. *Meat Science* 34, 27-37
- VAN LUNEN T.A., D.J.A COLE (1998): Growth and body composition of highly selected boars and gilts. *Animal Science* 67, 107-116
- VAN OECKEL M.J., N. WARNANTS, CH.V. BOUCQUÉ (1999): Pork tenderness estimation by taste panel, Warner-Bratzler shear force and on-line methods. *Meat Science* 53, 259-267
- VERORDNUNG (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1804/1999 des Rates vom 19. Juli 1999 zur Einbeziehung der tierischen Erzeugung in den Geltungsbereich der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel

- VERORDNUNG (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91. Quelle: Die neue EG-Verordnung Ökologischer Landbau, 2. Auflage, Stand September 2009, Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
- VERORDNUNG (EG) Nr. 889/2008 der Kommission vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle. Quelle: Die neue EG-Verordnung Ökologischer Landbau, 2. Auflage, Stand September 2009, Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
- VILLÉ H., G. ROMBOUTS, P. VAN HECKE, S. PERREMANS, G. MAES, G. SPINCEMAILLE, R. GEERS (1997): An evaluation of Ultrasound and Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy to measure in vivo intramuscular fat content of longissimus muscle of pigs. *Journal of Animal Science* 75, 2942-2949
- VOLK B. (2003): Einfluss der genetischen Herkunft auf die Mast- und Schlachtleistung, die Fleisch- und Fettqualität sowie das Fettsäurenmuster der Phospholipide von Mastschweinen beiderlei Geschlechts bei unterschiedlicher Fütterungsintensität. Dissertation, Universität Kassel
- VOLODKOVICH N.N. (1938): Apparatus for measurements of chewing resistance or tenderness of foodstuffs. *Food Research* 3 (1-2), 221-225
- VON BERTALANFFY L. (1957): Wachstum. In: HELMEKE J.G., H. v. Lengerken, G. STARCK: *Handbuch der Zoologie*, Band 8, 10. Lieferung, Berlin, De Gruyter & Co., 1-68
- VON BORELL E., J.T. SØRENSEN (2004): Organic livestock production in Europe: aims, rules and trends with special emphasis on animal health and welfare. *Livestock Production Science* 90, 3-9
- VON Lengerken J., G. VON Lengerken (2006): Qualitätssicherung in Verantwortung der Nutztierhaltung. In: VON Lengerken G., F. Elendorf, J. VON Lengerken (Hrsg.) (2006): *Tierzucht. Landwirtschaftliches Lehrbuch*, Ulmer Verlag, Stuttgart, 513-521
- VON Lengerken G., M. Wicke (2006): Wachstum. In: VON Lengerken G., F. Elendorf, J. VON Lengerken (Hrsg.) (2006): *Tierzucht. Landwirtschaftliches Lehrbuch*, Ulmer Verlag, Stuttgart, 63-67
- VON Lengerken G., M. Wicke, K. Fischer (1998): Schlachttierwert des Schweines. In: BRANSCHIED W., K.-O. Honikel, G. VON Lengerken, K. Troeger (Hrsg.): *Qualität von Fleisch und Fleischwaren*. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, 1998, 205-240
- WARNSTORFF K., H. DÖRFEL (1999): Anwendung nichtlinearer Wachstumsfunktionen und aus ihnen abgeleitete Größen. *Journal of Agronomy & Crop Science* 182, 259-271
- WEBER A., M. MATHES, C. ZIMMER (2006): Jahresbericht 2005. Züchtervereinigung Schwäbisch-Hällisches Schwein, Wolpertshausen
- WEISHAUPT D., V.D. KÖCHLI, B. MARINCEK (2003): *Wie funktioniert MRI?* Springer Verlag, Berlin, 4. Ausgabe

- WEISSMANN F. (2003a): Aspekte der Mast- und Schlachtleistung von Schweinen unterschiedlicher Genotypen in Freilandmast auf dem Fruchtfolgeglied Klee gras. In: FREYER B. (Hrsg.) (2003): Ökologischer Landbau der Zukunft - Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 265-268
- WEISSMANN F. (2003b): Durch Qualitätsoffensive zu ökologischer Schweine zucht. Ökologie und Landbau 128, 4/2003, 23-25
- WEISSMANN F., G. BIEDERMANN, K. FISCHER, R. KOOPMANN, A. KLITZING (2004): Zur Haltungs- und Produktionseignung von Mastschweinen unterschiedlicher genetischer Herkunft im Freiland auf dem Fruchtfolgeglied Klee gras im Ökologischen Landbau. Berater-Rundbrief, Stiftung Ökologie & Landbau H.4, 45-48
- WEISSMANN F., G. BIEDERMANN, A. KLITZING (2005a): Performance, carcass and meat quality of different pig genotypes in an extensive outdoor fattening system on grass clover in organic farming. In: SUNDRUM S. and WEISSMANN F. (2005): Organic pig production in free range systems. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 281, 19-24
- WEISSMANN F., K. FISCHER, G. BIEDERMANN (2006): Carcass and meat quality of different pig genotypes in an organic extensive outdoor fattening system. <http://orgprints.org/7080>
- WEISSMANN F., H.-W. REICHENBACH, A. SCHÖN, U. EBERT (2005b): Aspekte der Mast- und Schlachtleistung sowie Wirtschaftlichkeit von Schweinen bei 100% Biofütterung. In: HESS J. und G. RAHMANN (2005): Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 383-386
- WELLOCK I.J., G.C. EMMANS, I. KYRIAZAKIS (2004): Describing and predicting potential growth in the pig. Animal Science 78, 379-388
- WENTZEL G. (1994): Erläuterungen zur MR-Spektroskopie. In: „Nicht-invasive Methoden zur Messung der Körperzusammensetzung - Optimierung der quantitativen Analyse“. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 145, 79-83
- WERHAHN E. (1964): Untersuchungen über die Eignung des Festigkeitsprüfgerätes nach N. Wolodkewitsch zur objektiven Messung der Zartheit von Kalb- und Hühnerfleisch. Dissertation, Universität Hohenheim
- WERHAHN E. (1965): Untersuchungen zur Ermittlung der Fleischqualität. Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde 20 (1), 1-12
- WERNER D. N. (2009): Genotyp-Umwelt-Interaktionen bei der Haltung unterschiedlicher genetischer Schweineherkünfte unter konventionellen und ökologischen Bedingungen. Inaugural-Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen
- WHITTEMORE C.T. (1986): An approach to pig growth modelling. Journal of Animal Science 63, 615-621
- WHITTEMORE C. (1998): Growth and body composition changes in pigs. In: The science and practice of pig production, Second Edition, Blackwell Science, 1998, 53-86
- WICKE M., S. MAAK, G. VON LENGERKEN, C. REHFELD (1998): Anatomisch-physiologische Grundlagen der Fleischqualität. In: Qualität von Fleisch und Fleischwaren 2, Deutscher Fachverlag, 555-591
- WIEDERHOLD S. (1996): In vivo Messungen ausgewählter Merkmale der Körperzusammensetzung bei Wassergeflügel mit Hilfe der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT). Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- WITTMANN J. (2000): Wachstum. In: VON ENGELHARDT W., G. BREEVES (Hrsg.): Physiologie der Haustiere. Stuttgart, Enke im Hippokrates Verlag, 446-452

- WITTMANN W. (2003): Verbesserung der Schlachtkörperqualität in der ökologischen Schweineproduktion. In Tagungsband: Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern, Ökolandbautag der FfL am 19.02.2003 in Triesdorf, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3/03, 1. Jahrgang, 70-76
- WLCEK S. (2002): Die systemkompatible Ernährung von Schweinen im Biologischen Landbau – Untersuchungen zum Aufkommen und Futterwert von Nebenprodukten aus der Verarbeitung biologisch erzeugter Lebensmittel. Dissertation, Institut für Nutztierwissenschaften, Abteilung Tierernährung, Universität für Bodenkultur, Wien
- WOLODKEWITSCH N. (1956): Zur Methodik der Festigkeitsmessung an Lebensmitteln. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung 103, 261-272
- WOOD J.D., S.N. BROWN, G.R. NUTE, F.M. Whittington, A.M. PERRY, S.P. JOHNSON, M.ENSER (1996): Effects of breed, feed level and conditioning time on the tenderness of pork. Meat Science 44, 105-112
- WOOD J.D., N.D. CAMERON (1994): Genetic quality in pigs: In: Proceedings of the Fifth World Congress of Genetics applied to Livestock Production, Session 27, Guelph, Canada, 458
- WOOD J.D., G.R. NUTE, R.I. RICHARDSON, F.M. WHITTINGTON, O. SOUTHWOOD, G. PLASTOW, R. MANSBRIDGE, N. da COSTA, K.C. CHANG (2004): Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. Meat Science 67, 651-667
- WOOD J.D., R.I. RICHARDSON, G.R. NUTE, A.V. FISHER, M.M. CAMPO, E. KASAPIDOU, P.R. SHEARD, M. ENSER (2003): Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Science 66, 21-32
- ZMP (Hrsg.) (2006): Ökomarktjahrbuch 2006. Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH, Bonn
- ZMP (Hrsg.) (2007): Ökomarkt Forum Nr. 35, 31. August 2007, I-IV



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5761-9



9 78 3 8359 5761 9